

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Cristiane Pelisoli Cabral



**ROBÓTICA EDUCACIONAL E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS:
uma abordagem microgenética da construção do conhecimento**

Porto Alegre

2010

Cristiane Pelisolli Cabral

**ROBÓTICA EDUCACIONAL E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS:
uma abordagem microgenética da construção do conhecimento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora:
Profa. Dra. Rosane Aragón de Nevado

Linha de Pesquisa: Informática e Educação

Porto Alegre

2010

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

C117r Cabral, Cristiane Pelisoli

Robótica educacional e resolução de problemas: uma abordagem microgenética da construção do conhecimento / Cristiane Pelisoli Cabral; orientadora: Rosane Aragón de Nevado. – Porto Alegre, 2011.

142 f.+ Apêndices + Anexo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, 2011, Porto Alegre, BR-RS.

1. Robótica educacional. 2. Resolução de problemas. 3. Microgenêse. 4. Desenvolvimento cognitivo. 5. Estratégia. 6. Construção do conhecimento. I. Aragón de Nevado, Rosane. II. Título.

CDU: 371.694:159.922.7

Cristiane Pelisolli Cabral

**ROBÓTICA EDUCACIONAL E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS:
uma abordagem microgenética da construção do conhecimento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação.

Aprovada em 12 dez. 2010.

Profª. Dra. Rosane Aragón de Nevado – Orientadora

Profª. Dra. Maria Luiza Rheingantz Becker – UFRGS

Prof. Dr. Marcus Vinícius Basso – UFRGS

Prof. Dr. Daniel Queiroz Lopes – UNISINOS

Dedico este trabalho aos meus queridos alunos de Robótica Educacional, cuja alegria a cada nova descoberta me motiva a continuar ensinando e aprendendo.

AGRADECIMENTOS

Aos professores e colegas das disciplinas que cursei ao longo do mestrado que contribuíram para transformar minha visão acerca da Epistemologia Genética.

À minha orientadora Rosane Nevado, por ter acreditado nessa investigação e por suas importantes contribuições ao longo da elaboração.

Ao Prof. Dr. Daniel Lopes, Profa. Dra. Maria Luiza Becker e Prof. Dr. Marcus Basso, integrantes da banca de avaliação, pelas importantes contribuições na ocasião da banca de qualificação.

Aos colegas do grupo de orientação que contribuíram com seus questionamentos e também dedicaram parte do seu tempo ao estudo das microgêneses cognitivas.

Um agradecimento muito especial aos meus amigos que leram parte dos meus escritos e contribuíram gentilmente para aprimorá-los: Juliana Machado, Simone Bicca, Lisiane Camargo, Luciene Sobotyk, Juliano Bittencourt e Sílvia Kist.

Às minhas amigas que proporcionaram momentos de descontração, mas também compreenderam as ausências aos encontros e eventos do grupo, em especial à Verônica Raupp, Taís Borba, Juliana Machado, Sílvia Kist, Karine Poppendick, Ana Lúcia Moraes e Gisele Raugust.

Obrigada à Flávia Rizzon, pelas várias conversas sobre epistemologia nos intervalos da escola, e à Simone Gomes, por ter assumido brilhantemente as alunas do PEAD/UFRGS no momento em que precisei me afastar para escrever.

Aos meus pais, pelo carinho, apoio, incentivo e um exemplo concreto de como resolver problemas... da vida.

Um agradecimento muito especial ao meu marido Fabiano, por ter sido meu porto seguro ao longo desses anos e por me fazer acreditar que tudo ia dar certo, mesmo nos momentos mais difíceis: *“Você é assim, um sonho prá mim...”*

*Sou eu, eu mesmo, tal qual resultei de tudo,
[...]
Sou eu aqui em mim, sou eu.
Quanto fui, quanto não fui, tudo isso sou.
Quanto quis, quanto não quis, tudo isso me forma.
Quanto amei ou deixei de amar é a mesma saudade em mim.
[...]
Sou eu mesmo, que remédio!...*

(CAMPOS, Álvaro de)

RESUMO

A presente dissertação objetivou investigar as estratégias cognitivas de resolução de problemas em Robótica Educacional (RE) utilizando o kit semiestruturado LEGO Mindstorms® 9793 e programação RoboLab®. Com base na teoria da Microgênese Cognitiva, de Bärbel Inhelder, foram investigadas as estratégias cognitivas do sujeito psicológico para resolver problemas de Robótica Educacional. O estudo baseou-se na análise do caso de seis sujeitos, alunos de Robótica Educacional em nível de Ensino Fundamental, que resolveram individualmente um problema de RE. O procedimento de resolução do problema foi gravado em vídeo e analisado com suporte do software Transana®. A análise do procedimento dos sujeitos em situação de resolução de problema de Robótica Educacional com enfoque nas microgêneses cognitivas possibilitou visualizar como acontece a construção das estratégias de resolução de problemas através da elaboração da representação mental e construção ou atualização dos esquemas familiares através da ação do sujeito sobre os objetos e sobre si mesmo no nível operatório concreto. Os resultados finais apontam contribuições da análise microgenética para refletir a macrogênese cognitiva, além de indicar contribuições para o ensino de robótica e para o ensino em geral, voltado para a resolução de problemas e construção do conhecimento.

Palavras-chave: **Robótica educacional, Resolução de problemas, Microgênese. Desenvolvimento cognitivo. Estratégia. Construção do conhecimento.**

ABSTRACT

This thesis investigated the cognitive strategies for problem solving in Educational Robotics (ER) with the LEGO® Mindstorms 9793 kit and programming with RoboLab®. The cognitive strategies of a psychological subject solving problems of Educational Robotics were investigated using the Bärbel's Inhelder theory of cognitive microgenesis. The study was based on the analysis of six subjects, students of Educational Robotics in basic education level, whom individually solved a problem using the ER LEGO® kit. The procedure for solving the problem was recorded and analyzed with the help of Transana® software. The analysis of the subjects' procedure in a situation of problem solving on Educational Robotics, focusing on cognitive microgeneses, enabled the visualization of how happen the construction of strategies for problem solving through the development of mental representation and construction or upgrading of familiar schemes by the action of the subject over objects and over himself in the concrete operational level. The final results indicate the contributions from microgenetic analysis to reflect the cognitive macrogenesis besides indicating contributions to robotics teaching and teaching in general focused on problem solving and knowledge construction.

Keywords: Educational robotics. Problem solving. Microgenesis. Cognitive development. Strategy. Construction of knowledge.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Kit LEGO Mindstorms® 9793 com RCX e um Exemplo de Montagem.....	31
Figura 2 – Kit LEGO Mindstorms® com NXT e um Exemplo de Montagem.....	33
Figura 3 – Kit VEX e Exemplos de Montagem	33
Figura 4 – Cyberbox e um Exemplo de Montagem de um Braço.....	35
Figura 5 – Gogo Board e Montagem Com Peças LEGO®	36
Figura 6 – Representação Sobre a Atividade Cognitiva do Sujeito.....	57
Figura 7 – Representação do Dinamismo Microgenético Baseado na Análise Esquemas.....	62
Figura 8 – Esquema Acerca do Conceito de Representação	64
Figura 9 – Carro “com Problemas Mecânicos” e Casa-Oficina.....	69
Figura 10 – Interface do Software Transana®	74
Figura 11 – Representação Inicial da Solução Final Elaborada Pelo Sujeito 1	77
Figura 12 – Primeira Programação Construída Pelo Sujeito 1	80
Figura 13 – Segunda Programação Construída Pelo Sujeito 1	82
Figura 14 – Quarta programação construída pelo Sujeito 1	83
Figura 15 – Representação Inicial e Solução Final do Problema Construída Pelo Sujeito 1 ...	84
Figura 16 – Esquema da Estratégia de Resolução Elaborada Pelo Sujeito 1	85
Figura 17 – Representação Inicial da Solução Final Elaborada Pelo Sujeito 2	86
Figura 18 – Primeira Programação Construída Pelo Sujeito 2.....	90
Figura 19 – Segunda Programação Construída Pelo Sujeito 2.....	91
Figura 20 – Quarta Programação Construída Pelo Sujeito 2.....	92
Figura 21 – Quinta Programação Construída Pelo Sujeito 2.....	92
Figura 22 – Representação Inicial e Solução do Problema Construída Pelo Sujeito 2.....	93
Figura 23 – Sexta Programação Construída Pelo Sujeito	94
Figura 24 – Oitava Programação Construída Pelo Sujeito	95
Figura 25 – Nona Programação Construída Pelo Sujeito	96
Figura 26 – Décima Programação Construída Pelo Sujeito	97
Figura 27 – Solução Final do Problema Construída Pelo Sujeito	97
Figura 28 – Esquema da Estratégia de Resolução Elaborada Pelo Sujeito	99
Figura 29 – Representação Inicial da Solução Final Elaborada Pelo Sujeito.....	102
Figura 30 – Representação Inicial da Solução Final Elaborada Pelo Sujeito 4	105
Figura 31 – Primeira Programação Construída Pelo Sujeito 4.....	107
Figura 32 – Segunda Programação Construída Pelo Sujeito 4.....	108

Figura 33 – Terceira Programação Construída Pelo Sujeito 4	109
Figura 34 – Quarta Programação Construída Pelo Sujeito 4	109
Figura 35 – Décima Programação Construída Pelo Sujeito 4	110
Figura 36 – Representação Inicial e Solução Final do Problema Construída Pelo Sujeito 4 .	111
Figura 37 – Esquema da Estratégia de Resolução Elaborada Pelo Sujeito 4	112
Figura 38 – Representação Inicial da Solução Final Elaborada Pelo Sujeito 5	114
Figura 39 – Primeira Programação Construída Pelo Sujeito 5	117
Figura 40 – Terceira Programação Construída Pelo Sujeito 5	119
Figura 41 – Sexta Programação Construída Pelo Sujeito 5	120
Figura 42 – Representação Inicial e Solução Final do Problema Construída Pelo Sujeito 5 .	120
Figura 43 – Esquema da Estratégia de Resolução Elaborada Pelo Sujeito 5	121
Figura 44 – Representação Inicial da Solução Final Elaborada Pelo Sujeito 6	122
Figura 45 – Primeira Programação Construída Pelo Sujeito 6	123
Figura 46 – Segunda Programação Construída Pelo Sujeito 6	124
Figura 47 – Sexta Programação Construída Pelo Sujeito 6	124
Figura 48 – Esquema da Estratégia de Resolução Elaborada Pelo Sujeito 6	125
Figura 49 – Esquema da Regularidade das Estratégias Verificada na Maior Parte dos Procedimentos de Resolução do Problema.....	126

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABPA – Aprendizagem Baseada em Problemas
DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais
EJA – Educação de Jovens e Adultos
FLL – FIRST LEGO® League
FRC – FIRST Robotics Competition
LIAU – Laboratório de Inteligência do Ambiente Urbano
LDB – Lei de Diretrizes e Bases
MIT – Massachusetts Institute of Technology
MEC – Ministério da Educação
OBR – Olimpíada Brasileira de Robótica
OLPC – One Laptop Per Child
ONG Organização Não Governamental
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PROINFO – Programa Nacional de Informática na Educação
RE – Robótica Educacional
SEED – Secretaria de Educação a Distância
TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação
TC – Tomada de Consciência
UCAUm – Computador por Aluno
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	21
3 TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO	22
3.1 HISTÓRICO	22
3.2 DO LOGO AO LEGO-LOGO	25
3.3 ROBÓTICA EDUCACIONAL	29
3.3.1 Os Kits de Robótica Educacional Disponíveis no Mercado Brasileiro	30
3.3.2 A Aula de Robótica Educacional	36
4 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: da macro à microgênese	44
4.1 CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: a dimensão epistemológica	44
4.2 CONSTRUTIVISMO E ROBÓTICA EDUCACIONAL	52
4.3 A ABORDAGEM MICROGENÉTICA	56
5 METODOLOGIA	65
5.1 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA	69
5.2 “DESENHO” DA ANÁLISE DE DADOS	71
5.2.1 O Software de Análise Qualitativa Transana®	74
6 ANÁLISE DE DADOS	76
6.1 CASO DO SUJEITO 1	76
6.2 CASO DO SUJEITO 2	86
6.3 CASO DO SUJEITO 3	100
6.4 CASO DO SUJEITO 4	105
6.5 CASO DO SUJEITO 5	113
6.6 CASO DO SUJEITO 6	122
6.7 SÍNTESE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	126
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
REFERÊNCIAS	140
APÊNDICES	143
APÊNDICE A – Organização do kit LEGO Mindstorms® 9793 usada nas aulas de Robótica Educacional	143
APÊNDICE B – Interface do Software RoboLab® com Programação Icônica e um Exemplo de Programação	144
APÊNDICE C – Carta de Apresentação	145

APÊNDICE D – Consentimento de Pesquisa	146
ANEXO	147
ANEXO 1 – Revistas ZOOM que Contém Sugestões e Explicação das Montagens	147

1 INTRODUÇÃO

“Num dia chuvoso de inverno que aconteceu a primeira aula... Na minha frente, um material estranho... Era uma caixa de plástico verde, muito densa e, ao abri-la, pude observar dois compartimentos com divisões de tamanhos variados que comportavam pequenas peças plásticas de encaixe. Não pude me conter e fui logo mexendo naquelas peças coloridas: pretas, verdes, amarelas, azuis, brancas... Ali também tinha muitos fios e uma caixinha amarela pesada com nome impresso: RCX. Não sabia muito bem para o que servia, mas na minha cabeça acontecia uma “tempestade de idéias”... Já estava achando absolutamente incrível aquele material! Então a aula começou: - Vamos construir um carro com esse kit de robótica. – disse a professora. Fiquei ainda mais empolgada... - Um carro! Pode ser verde, amarelo, até mesmo super-colorido! - imaginei eu. - Peguem o material com as instruções, sigam passo a passo a montagem usando as peças indicadas. – disse ela. - Lá vamos nós! – pensei. Pegar uma peça, encaixar aqui, medir ali, montar acolá, contar, trocar a peça, ajeitar, desmontar, montar novamente... Pronto! O carro estava construído e com aquela caixinha “RCX” encaixada. Meu rosto continha um sorriso de lado a lado. Eu mesma havia construído um carro! - Não acabou ainda. – disse a professora. - Agora vamos fazer ele se movimentar. Com isso o carro fará movimentos que nós vamos dizer para ele através da programação – continuou ela. Abri um tal de programa ROBOLAB na tela do computador e comecei a programar. Cada quadradinho na tela representava um comando para o carro: ir para frente, ir para trás, parar, repetir, ligar a luz, e por aí vai.... - Ainda mais sensacional do que eu havia imaginado... Além de construir ele vai se movimentar sozinho!!! – pensei. Construí então a seqüência de comandos e transferi para a caixinha amarela no carrinho através de uma pequena torre de infravermelho. - Depois de transferir a programação, apertem no botão verde e vejam o que acontece. – disse a professora. Fiz exatamente o que ela havia dito. Coloquei o carro-robô no chão, liguei e ele se movimentou conforme os comandos que eu havia colocado na programação: andar para frente por quatro segundos, voltar para trás durante mais quatro segundos e parar. – Eu fiz isso? Não acredito! É sensacional! – disse eu em tom de euforia. – Não vejo a hora de mostrar isso para os meus alunos!!!”

Esse foi o início da história que culminou com a presente dissertação: a história do meu primeiro contato com um kit de Robótica Educacional (RE). Histórias como essa são

reescritas por muitos indivíduos que encontram o material pela primeira vez. Trata-se de um kit semi-estruturado para aulas de RE chamado *LEGO Mindstorms®*, desenvolvido por Papert e seus colaboradores no Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Minha história¹ com a Robótica Educacional começou no mês de junho de 2007, quando os professores das escolas da Rede Municipal de Educação de Porto Alegre/RS (RME), onde atuo como professora, receberam um convite para participar de um curso de formação para trabalhar com o material de Robótica Educacional recentemente adquirido, na época, pela Secretaria Municipal de Educação de Porto Alegre (SMED). Eu aceitei o convite e, junto com outros professores que manifestaram interesse, participei de um curso de 20 horas para capacitação ao trabalho com o material. Lembro-me muito bem da motivação² que a atividade provocou em mim e no grupo em que eu estava inserida. Era uma mistura de entusiasmo e interesse a cada nova descoberta sobre as montagens e programações. Nos meses que se seguiram, cada professor iniciou o trabalho na(s) sua(s) turma(s) dentro da sua carga horária. A SMED disponibilizou uma estagiária capacitada para o trabalho que comparecia semanalmente para dar continuidade à formação inicial e auxiliar no trabalho com robótica. Aula após aula, eu podia observar a empolgação também dos alunos com aquela atividade, pois quando a aula era encerrada, já era questionada sobre quando seria a próxima.

Esse comportamento dos alunos aliado ao meu olhar investigativo desenvolvido desde os tempos de bolsista de iniciação científica³ na graduação me levou a pensar sobre as inúmeras possibilidades de construções com o material, sobre o trabalho que era estimulante para os alunos e como cada aula se apresentava como um desafio para mim, mas nada se comparava à motivação dos alunos provocada pelo manuseio, construção, programação e a resolução de problemas utilizando as pequenas peças e engrenagens. Na minha experiência com sala de aula, poucas foram as vezes em que observei tamanho entusiasmo. Certamente, o interesse dos alunos decorria do fato de cada aula ser um desafio também para eles, porque vencer desafios é algo motivador, pois leva o sujeito a reorganizar suas estruturas mentais. Aprender, na perspectiva da construção do conhecimento, é uma atividade motivadora, pois o que está sendo aprendido “faz sentido” para o sujeito. Então porque as atividades propostas na escola nem sempre “fazem sentido” para os alunos?

¹ Situo meu tempo/espço para localizar o leitor sobre o lugar de onde estou falando, pois minha experiência está fundamentalmente ligada a essa pesquisa.

² O conceito **motivação** está sendo compreendido aqui como algo assimilável pelo sujeito. Ou seja, um objeto só provoca motivação quando o sujeito possui estruturas mentais para assimilá-lo. Do contrário, o objeto seria tão estranho que nenhum sentimento seria provocado.

³ A pesquisadora foi bolsista de Iniciação Científica durante o período de graduação de 1999 até o ano de 2003 pela agência financiadora CNPQ e posteriormente pela FAURGS.

José Armando Valente, prefaciando a obra “Logo” de Seymour Papert (2008), faz uma importante crítica com relação à escola:

A educação está em crise. A escola, como instituição responsável pela disseminação de conhecimento, já não consegue atender aos seus objetivos. No Brasil, a evasão escolar é a epítome viva desta situação: de cada 100 alunos que entram na primeira série, 47 chegam até a segunda série, e somente 17 terminam o primeiro grau. (...) A questão, portanto, é como **reviver** a educação para que ela realmente cumpra seus objetivos mais amplos. (VALENTE, 1985, p. 10)

Após a leitura do primeiro parágrafo, imediatamente procurei verificar o ano de publicação da obra. Apenas confirmei o que já previa: tal prefácio foi escrito para a edição brasileira em 1985. Mesmo ciente de que se tratava de um livro antigo, mas nem por isso desatualizado, precisei me certificar do ano de publicação porque me pareceu que o autor estava falando da escola que vivemos na atualidade. Para a educação que necessita de mudanças efetivas e urgentes, mais de vinte anos se passaram desde a escrita desse prefácio e a escola, tal como foi descrita por esse autor, ainda tenta “reviver” da sua crise⁴.

Acredito que os profissionais da educação pensam sobre essa crise, eu também tenho pensado sobre a escola atual e como, em pleno século XXI, encontramos dificuldade em garantir o acesso, permanência e um ensino de qualidade aos alunos das nossas escolas públicas. A referência do professor como sendo aquele que “transmite” aos seus alunos, através de aulas expositivas, os conteúdos a serem estudados, ainda é bastante comum no meio educacional. Além disso, privilegiar o trabalho escolar com informações em detrimento da construção do conceito é um equívoco comum. Projetando a educação para as próximas décadas, é insuportável imaginar que a escola continue repelindo seus alunos, principalmente por funcionar no modelo conteudista/empirista que amarga sua crise há séculos.

Então, retomando a questão de Valente (1985), como poderemos “reviver” de tamanha crise? Assim como esse autor, outros autores, como Papert, apontam para o uso da tecnologia⁵ em sala de aula como forma de potencializar a aprendizagem. Entre outras tecnologias utilizadas no meio escolar, a informática parece ser aquela que pode catalisar o desenvolvimento cognitivo e atingir os objetivos mais amplos da educação se a escola conseguir utilizá-la para promover a ação (física e mental) dos alunos. O uso da tecnologia à

⁴A tentativa de propor novos modelos de escola é um processo de longa data. No século XIX, o Movimento Educacional, denominado “Escola Nova”, teceu forte crítica com relação às concepções e organizações da escola tradicional.

⁵ Segundo Veraszto et al (2008), **tecnologia** é um conjunto de saberes inerentes ao desenvolvimento e concepção dos instrumentos (artefatos, sistemas, processos e ambientes) criados pelo homem através da história para satisfazer suas necessidades e requerimentos pessoais e coletivos.

qual se refere Valente e Papert (1985), não é a simples inclusão do objeto “computador” em sala de aula, mas, para além disso, é necessário promover atividades com essa máquina em que os alunos possam agir fisicamente (construir objetos) e agir cognitivamente (refletir sobre aquilo que estão construindo). As tecnologias, entre elas o computador, não são os únicos recursos para se fazer pensar no meio escolar, mas seria um importante recurso para essa finalidade. Os computadores, por si só, não são revolucionários, mas carregam em si uma potencialidade a partir do uso que se fizer desse material para fins educacionais. Em um sentido mais amplo, toda educação deveria se voltar para as ações⁶ dos alunos.

Por isso, ao pensar nos motivos que me levaram a estudar academicamente a Robótica Educacional, eu destacaria a alegria e a motivação dos alunos durante o trabalho com essa ferramenta que une construção, programação e resolução de problemas, ou seja, que une ação física e mental com o uso de tecnologia. Eu mesma pude sentir isso quando encontrei o material pela primeira vez. A cada desafio, a cada descoberta, a cada conquista, os alunos se enchem de orgulho e querem mais. Então, porque não investigar com mais cuidado o potencial pedagógico dessa ferramenta como forma de qualificar o trabalho com Robótica Educacional?

Um pouco antes de ingressar no curso de mestrado, mais um fato importante contribuiu para escolher meu foco de investigação. Um colega, professor da escola onde trabalho, me questionou certa vez quando iriam chegar os brinquedos “Playmobil”, uma vez que o LEGO® já havia chegado. Tal fato fez com que eu buscasse materiais que teorizassem a Robótica Educacional e que mostrassem que, além de possuir o aspecto lúdico, a Robótica Educacional é também uma oportunidade de construir conhecimento. Porém, ao voltar meu interesse para a RE, observei a falta de produção científica na área, e esse foi um ponto paradoxal que dificultou minha investigação, mas também possibilitou colaborar com a produção científica para a área. Claro que estamos falando de um campo relativamente novo para a educação em nível escolar, pois os trabalhos acadêmicos estão muito relacionados ao meio das engenharias, onde a robótica e a automação já não são uma novidade.

Logo no início do curso, quando realizei a revisão bibliográfica sobre o assunto, encontrei algumas produções acadêmicas na área da Robótica Educacional com aplicação no meio escolar, onde destacam-se as contribuições de Oliveira (2007) e Lopes (2008), que teorizam acerca dos processos cognitivos, como Tomada de Consciência (PIAGET, 1977) e Abstração Reflexionante (PIAGET, 1995), envolvidos na construção do conhecimento em

⁶ A questão das ações dos sujeitos será retomada no capítulo 4: Epistemologia Genética.

RE. Além dessas investigações, tive oportunidade de conhecer trabalhos como Stefen (2002), Zilli (2004) e Ribeiro (2006), os quais também contribuem para a teorização da robótica no âmbito escolar, como no caso do último estudo que relata um Projeto de Aprendizagem realizado no ensino fundamental com Robótica Educacional.

Alguns materiais produzidos na área foram publicados pelos integrantes do Laboratório de Mídias do Massachusetts Institute of Technology (MIT), onde Papert também trabalhou, mas não foram traduzidos ainda para a Língua Portuguesa, tão pouco foram difundidos, o que dificulta o acesso aos professores como os trabalhos de Resnick (RESNICK; OCKO,1993; RESNICK et al, 1996).

A Robótica Educacional é bastante recente no Brasil, poderíamos dizer que está iniciando em Porto Alegre⁷, mas, com certeza, merece uma análise detalhada acerca dos processos cognitivos envolvidos nesta atividade pedagógica. Para realizar a análise de processos cognitivos, penso que o referencial de Piaget é a teoria mais completa conhecida até hoje. Desde a graduação em Pedagogia, tenho estudado a obra do epistemólogo Jean Piaget, mas concluí o curso sem aprofundar o estudo da obra desse grande mestre. Talvez por ter considerado uma obra de difícil compreensão na ocasião, não me aprofundei na leitura e, por isso, não compreendi o sentido da obra de Piaget. Ao longo do tempo, fui sendo encantada pela fecundidade e profundidade de suas teses. Hoje, depois de participar de várias disciplinas estudando sobre a Epistemologia Genética, vejo a ciência cognitiva de Piaget como grande referência para pensar a Pedagogia. No decorrer dos meus estudos, tive a oportunidade de conhecer também a obra de Inhelder e Cellérier (1996), parceiros de Piaget na Escola de Genebra, e observei que fecundam a questão da macrogênese teorizando sobre a questão da microgênese. Se há algo para além da teoria de Piaget, me arrisco a dizer que é o aprofundamento da análise da conduta, que Piaget também utilizou em algumas obras, como ‘O Nascimento da Inteligência na Criança’ (1975), mas que não foi seu foco de investigação na maioria das suas teses.

Na tentativa de compreender a teorização elaborada por Inhelder e Cellérier (1996) sobre as microgêneses cognitivas, senti a necessidade de aprofundar meus conhecimentos na Epistemologia Genética de Piaget, uma vez que a teoria das microgêneses apóia-se totalmente nas macrogêneses piagetianas, que explicam a construção do conhecimento. Para isso, busquei através das seis disciplinas que fiz sobre as teses piagetianas, ao longo dos 30 meses

⁷ Desde o ano de 2000, algumas escolas de Porto Alegre e arredores desenvolvem trabalhos com Robótica Educacional no meio escolar. Entre elas, destacam-se as seguintes escolas: Colégio de Aplicação, Sévigné, Rede Marista, Província de São Pedro, Fundação Liberato Salzano, entre outras.

que me dediquei ao curso de mestrado, construir para mim (ou reconstruir) os conceitos de Piaget. Tal atitude proporcionou um melhor entendimento sobre os processos cognitivos do sujeito e as microgêneses cognitivas, ou ainda, sobre os fundamentos do construtivismo epistemológico e do construtivismo psicológico. Isso fez com que eu compreendesse melhor os processos de aprendizagem dos meus alunos envolvidos com a atividade de Robótica Educacional, buscando a qualificação dessa atividade pedagógica. Na busca de trabalhos sobre o assunto, constatei que poucos trabalhos foram publicados sob o enfoque das microgêneses cognitivas. Destacam-se na área, o artigo de Mantoan, Prado e Barrela (1993), que realiza uma breve análise microgenética da atividade de programação na linguagem LOGO, e Lopes e Fagundes (2006), que analisam o papel do design nas construções microgenéticas em Robótica Educacional.

Visto que as teses de Oliveira (2007) e Lopes (2008) investigaram o processo de construção do conhecimento em Robótica Educacional com base nas macrogêneses propostas por Piaget, uma análise mais detalhada da conduta desses sujeitos, baseada na microgênese, durante o processo de resolução de problemas em Robótica Educacional, poderia contribuir ainda mais para o entendimento dos processos cognitivos realizados pelo sujeito no uso dessa ferramenta.

Acreditando na construção do conhecimento com base na teoria da Epistemologia Genética de Piaget, entendo que a atividade da RE pode promover a ação física e mental do sujeito, além de ser uma atividade muito motivadora para os alunos. A Robótica Educacional pode ser uma atividade que potencializa a ação dos alunos, uma vez que trabalha com a construção de objetos, programação e reconstrução permanente dos esquemas de ação através da resolução de problemas. Nesse sentido, faz-se necessário investigar detalhadamente os processos cognitivos envolvidos nessa atividade, com intuito de aprimorar seu uso na escola.

Portanto, a presente investigação busca fundamentos teóricos na Epistemologia Genética de Jean Piaget com enfoque nas Microgêneses Cognitivas de Bärbel Inhelder e Guy Cellérier (1996) para investigar os processos cognitivos durante a resolução de problemas de RE, com o intuito de refletir sobre as estratégias individuais envolvidas nesse processo, uma vez que parece ser um momento de intensa criatividade do sujeito.

Portanto, o **problema** de pesquisa que se coloca é o seguinte:

Que estratégias cognitivas são utilizadas pelos sujeitos na resolução de problemas em Robótica Educacional?

Com intuito de teorizar e colaborar para a área da Robótica Educacional, o presente trabalho foi dividido em dois eixos teóricos. Na primeira parte teórica, busca-se retomar as

origens do uso da tecnologia, entre elas, o computador no meio escolar que possibilitou o uso da robótica como ferramenta pedagógica. Além disso, pretende-se fazer um levantamento dos materiais disponibilizados no mercado brasileiro que podem ser utilizados nas aulas de Robótica Educacional, e também apontar possibilidades de encaminhamentos para as aulas, sendo essa uma parte que poderá interessar aos professores de Robótica Educacional.

Na segunda parte do trabalho, objetiva-se registrar o entendimento acerca dos principais conceitos que fundamentam o construtivismo epistemológico e o construtivismo psicológico, os quais constituem o quadro teórico que fundamenta a análise de condutas individuais observadas em sujeitos resolvendo problema de Robótica Educacional. A Resolução de Problemas está sendo entendida aqui como o momento em que os processos mentais acontecem para essa investigação.

Na terceira parte, foi descrito detalhadamente o procedimento de cada sujeito envolvido na investigação com enfoque nas microgêneses cognitivas. Em seguida, foi elaborada uma síntese e uma discussão dos resultados, com intuito de resumir os dados obtidos ao longo dos seis estudos de caso. Por fim, nas considerações finais, são discutidos alguns encaminhamentos possíveis a partir dos resultados obtidos com essa investigação.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Investigar estratégias cognitivas de resolução de problemas em Robótica Educacional baseada na teoria da Microgênese Cognitiva de Bärbel Inhelder e Guy Cellérier (1996).

Objetivos Específicos

- Focar nas seqüências de ações e encadeamentos ao longo do procedimento de resolução do problema do sujeito.
- Investigar as representações e centrações realizadas pelo sujeito no desenrolar da sua conduta.
- Levantar hipóteses acerca dos processos que sustentam a orientação dos passos percorridos pelo sujeito.
- Contribuir para a teorização sobre o potencial educativo da ferramenta da Robótica Educacional.

A presente dissertação também objetiva ser uma fonte de consulta para qualificar o trabalho daqueles que já trabalham ou que vierem a se interessar pela Robótica Educacional. Na medida em que o professor compreende melhor o processo de construção do conhecimento do seu aluno na RE, as intervenções se qualificarão, proporcionando uma aprendizagem baseada na ação e na reflexão do sujeito, levando-o, dessa forma, a aprender a aprender.

É importante destacar aqui que esta investigação não visa contribuir para a robótica na área da engenharia ou mecatrônica. Apenas se utilizará do potencial educativo desta ferramenta para investigar processos mentais envolvidos na construção do conhecimento em Robótica Educacional.

3 TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

3.1 HISTÓRICO

Estamos em um período em que as tecnologias, entre elas os computadores, estão bem mais acessíveis ao meio educacional⁸ do que há algumas décadas atrás. O histórico da Informática na Educação, no Brasil, nos mostra que há um esforço desde a década de 1980 para integrar a informática e a educação. Segundo Moraes (2000), as ações políticas iniciais começaram entre as décadas de 1980 e 1990, quando o Ministério da Educação (MEC) lançou os projetos EDUCOM e PROINFO. O Projeto Brasileiro de Informática na Educação (EDUCOM), aprovado pelo MEC em julho de 1983, tinha como objetivo realizar estudos e experiências na área, formar recursos humanos para o ensino, além de pesquisar e criar programas de informática através de equipes multidisciplinares. As universidades brasileiras Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) foram escolhidas através de suas propostas para criar equipes multidisciplinares nos centros pilotos para o desenvolvimento dos estudos de Informática na Educação.

Também o Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO) foi uma iniciativa do MEC, em 1997, por meio da Secretaria de Educação a Distância (SEED), que promoveu parceria com os governos estaduais e alguns municipais. Com o programa, foi criada uma Comissão Estadual de Informática na Educação em cada unidade da federação, cujo papel principal era o de introduzir as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) nas escolas públicas de ensino médio e fundamental, principalmente através da compra de computadores para uso nas escolas. Com os projetos EDUCOM e PROINFO, observa-se a intenção do governo brasileiro de institucionalização de uma política de Informática na Educação, na medida em que promove a compra de equipamentos e investe nos estudos para a qualificação do uso dessa tecnologia.

A legislação educacional brasileira, que foi reelaborada na década de 1990, também buscou ressaltar o uso das tecnologias em educação através da Lei de Diretrizes e Bases

⁸ Das 53 escolas de Ensino Fundamental, da RME/Porto Alegre, 52 possuem Laboratório de Informática.

(LDB), passando pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) até os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). O último indica, entre os objetivos gerais do Ensino Fundamental, que os alunos sejam capazes de: “Saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimentos”. (BRASIL, 1997) .

A educação escolar se concretiza, principalmente, por meio de um currículo, desenvolvido em sala de aula e em outros espaços escolares, em meio a múltiplas atividades, nas diferentes áreas do conhecimento. Nas suas atividades diárias, o professor poderá ou não incluir o uso das tecnologias como recurso para ensinar ou como objeto para aprender. Isso dependerá do interesse e da necessidade do professor com relação ao uso da tecnologia na educação. O objetivo do PCN para o Ensino Fundamental, citado anteriormente, nos remete às possibilidades de uso que tecnologias, como os computadores, carregam. Eles podem ser usados para “adquirir” (receber) conhecimento ou para “construir” conhecimento.

O uso da tecnologia no meio escolar parece um caminho sem volta. Superado o momento de chegada das máquinas, agora é o momento de pensar sobre o uso pedagógico que se faz dela. Na medida em que dispõe do material, os professores fazem uso da maneira que acreditam ser adequado. Observo que algumas escolas possuem uma sala de informática, mas que nem sempre é usada, por não possuir um monitor ou professor especializado para atuar no ambiente. Dessa forma, a informática é entendida como algo desvinculado das atividades realizadas em sala de aula, algo que deve ser desenvolvido por outro educador sem vínculo com o assunto estudado pela turma. Muitas vezes, o professor da disciplina possui pouco ou nenhum conhecimento sobre o uso dos computadores, o que limita ainda mais a integração do seu planejamento com atividades envolvendo informática.

Nesse sentido, considero importante resgatar os usos que se fez da tecnologia no meio escolar, mas que ainda hoje ocorrem nesse meio, talvez por influência desse histórico inicial. É possível afirmar que o uso de artefatos tecnológicos, no meio educacional, iniciou com a “Máquina de Ensinar” de B.F. Skinner⁹ e seu decorrente “estudo programado”, nas décadas de 1950-60. Este pesquisador norte-americano, professor de Psicologia, construiu uma máquina objetivando ensinar crianças e adultos em idade escolar.

A máquina consistia em uma espécie de caixa, onde, em um espaço vazado, aparecia uma pergunta para o estudante e, ao lado, em outro pequeno espaço, ele deveria marcar a resposta que considerasse correta. Geralmente, era um símbolo ou palavra que completava a questão. Depois de escrever a resposta, o estudante girava o rolo da máquina e lia

⁹ Conforme vídeo em que Skinner fala sobre a Máquina de Ensinar. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=vmRmBgKQq20&hl=pt-BR>>. Acesso em: agosto de 2009 .

imediatamente a resposta correta. Para a “metodologia da instrução” ou “estudo programado”, o conhecimento deveria ser imediato e os erros eram considerados indesejáveis e deveriam ser rapidamente eliminados. Além disso, o criador da “Máquina de Ensinar” dizia respeitar o tempo de cada criança, uma vez que o aluno resolvia as questões no seu próprio ritmo.

Na contramão de Skinner, outro estudioso, Seymour Papert¹⁰, um matemático nascido na África do Sul, vislumbrou o potencial educativo de outra máquina, o computador, para a aprendizagem escolar. Papert iniciou seus estudos sobre o uso do computador na educação e criou, nas décadas de 1960-70, a linguagem de programação chamada LOGO¹¹, ou “linguagem da tartaruga” como ficou popularmente conhecida. A ferramenta proporciona que as crianças possam programar os movimentos de uma tartaruga em uma tela de computador utilizando comandos simples e, dessa forma, através da ação física e mental, construir hipóteses, testar e reconstruí-las imediatamente.

Skinner e Papert divergem totalmente nas suas ferramentas e metodologias para a uma educação tecnológica. O primeiro está baseado numa epistemologia empirista, propondo uma “Máquina de Ensinar” (VALENTE, 1993), e o segundo numa epistemologia construtivista, propondo, podemos dizer, uma “Máquina de Aprender”.

Observando o uso que se faz da informática atualmente na escola, penso que está fortemente influenciado pelas concepções de “Máquina de Ensinar” e de “Máquina de Aprender”. Na perspectiva da “Máquina de Ensinar”, as práticas usam a informática, exclusivamente, para trabalhar com softwares que se intitulam “educativos”, mas que funcionam no modelo estímulo-resposta, na tentativa de transmitir conhecimentos sem dar importância às estruturas mentais construídas anteriormente pelo sujeito. Assim, os computadores são usados para “transmitir conhecimentos”, tal como uma aula expositiva realizada pelo professor. O professor também lança mão de recursos como programas tutoriais (versão computacional da instrução programada), programas de exercício e prática (atividades para completar), jogos educacionais (baseado em estímulo-resposta) e de simulação, simplesmente incluindo a máquina no modelo de “transmissão” de conhecimento.

Por outro lado, algumas práticas baseiam-se na proposta de construção de objetos através do computador, colocando o aluno na posição de alguém que pode construir “através” do computador como, por exemplo, a programação com LOGO criada por Papert. É necessário fomentar atividades na escola que promovam a ação dos alunos, por isto, Valente

¹⁰ Papert foi aluno de Jean Piaget e designado por esse para substituí-lo na cadeira de Ensino de Cibernética, na Faculdade de Ciências de Genebra e, dois anos depois, desde a sua designação ao MIT, para Guy Cellérier.

¹¹ A linguagem LOGO de programação tem diversas versões, como o StarLogo, SuperLogo, ALogo, entre outras.

(1993) aponta o uso dos computadores em educação não como uma “Máquina de Ensinar”, mas como uma nova mídia educacional. Nessa perspectiva, o computador passa a ser uma ferramenta educacional de complementação, aperfeiçoamento e possível mudança na qualidade de ensino. O computador não seria mais um instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo e, portanto, o aprendizado ocorre pelo fato do aluno estar agindo e refletindo sobre uma tarefa por intermédio do computador.

O aluno poderia, então, ainda segundo Valente (1993), passar a fazer uso do computador com autoria, utilizando aplicativos (para construção de textos, gráficos, banco de dados); resolvendo problemas (como construção de projetos de aprendizagem), produzindo música, vídeos e apresentações (através de softwares específicos); usando o computador como comunicador (através de e-mail, MSN, Orkut, etc); além de usar programas de controle de processo como oportunidade para o aluno criar, refletir, compreender e controlar.

O uso dos computadores em educação, como uma ferramenta de autoria, abre um enorme leque de possibilidades para o professor, entre elas, o trabalho com a Robótica Educacional. A RE utiliza o computador para programar os objetos construídos através de softwares. Dessa forma, a RE se vale dos computadores para promover uma atividade que potencializa a ação física e mental, dos alunos uma vez que trabalha com a construção de objetos, programação e reconstrução permanente dos esquemas de ação através da resolução de problemas.

3.2 DO LOGO AO LEGO-LOGO

A linguagem LOGO de programação, criada por Papert, é um marco na informática educacional mundial e brasileira. O Projeto EDUCOM no Brasil, por exemplo, fez com que as equipes das universidades criassem estratégias para introduzir o uso dos computadores na educação, sobretudo através da linguagem LOGO de programação, nas décadas de 1980-90.

Desde uma época em que o computador era pouco utilizado para fins educacionais, Papert projetou um futuro próximo onde as crianças cresceriam manuseando computadores. Ele acreditava que os meios educacionais possuíam poucos objetos concretos para ajudar os alunos a construírem seus conhecimentos. Por isto, dedicou-se a investigar sobre recursos que

ajudassem alunos a pensar, ou *objetos para pensar com*¹², ou seja, objetos concretos que estimulassem a criança a pensar sobre o pensar e, dessa forma, testar hipóteses através da exteriorização das mesmas.

Ainda que defendesse a expansão do uso do computador para aprender, o foco de Papert estava nos processos mentais, e não na máquina em si. O pesquisador dedicou-se, então, a criar uma linguagem de programação na qual crianças “ensinavam” os computadores. O pesquisador acreditava que a educação seria potencializada com a possibilidade de alunos “ensinando” (programando) máquinas (computadores). Dizia Papert (1985), que construir e programar são atividades que inspiram certo domínio dos alunos (inteligentes) sobre a máquina (“burra”), pois o comando dado seria o comando executado. Nas palavras do autor:

E ao ensinar o computador a “pensar”, a criança embarca numa exploração sobre a maneira como ela própria pensa. Pensar sobre modos de pensar faz a criança tornar-se um epistemólogo, uma experiência que poucos adultos tiveram (PAPERT, 1985, p. 35).

Papert (1985) diz que o uso do computador com autoria proporciona ao aluno trabalhar também com os erros, ou “bugs”, o que possibilita refletir sobre o fazer e dessa forma aprender a aprender. Na ocasião, Papert (1985) se referia às possibilidades educacionais da programação com LOGO, diz ele:

Mas quando se aprende a programar um computador dificilmente se acerta na primeira tentativa. Especialmente em programação é aprender a se tornar altamente habilitado a isolar e corrigir bugs, as partes que impedem o funcionamento desejado do programa. A questão a ser levantada a respeito do programa não é se ele está certo ou errado, mas se ele é executável. (...) Refletir sobre a aprendizagem por analogia com o desenvolvimento de um programa é uma maneira acessível e poderosa de começar a ser mais articulado em suas próprias estratégias de debugging e mais deliberado em aperfeiçoá-las (PAPERT, 1985, p. 40).

Na década de 1980, Papert lançou o livro “Logo: computadores e educação” defendendo a ampla expansão da utilização do computador para fins pedagógicos. Na época, já promovia a “Máquina das Crianças”¹³, ou seja, que se investisse em educação através da compra de computadores para uso individualizado na sala de aula. O projeto se concretizou através de Nicholas Negroponte e da Organização Não Governamental (ONG) One Laptop Per Child (OLPC) com apoio de Papert. No Brasil, o projeto para implementação de

¹² O conceito foi desenvolvido também por Resnick et al (1996), baseado em Papert, especificamente para a área da Robótica Educacional com o kit LEGO® Mindstorms .

¹³ “A Máquina das Crianças” veio a ser o título de outra obra de Papert, lançada originalmente em 1993.

computadores individualizados na sala de aula chama-se Um Computador por Aluno¹⁴ (UCA).

Papert pensou que a linguagem LOGO de programação seria a ferramenta necessária para que os professores pudessem proporcionar um trabalho construcionista, baseado na construção, em oposição ao instrucionismo, baseado na instrução. Com referência na Epistemologia Genética de Piaget, Papert (2008) cunhou o termo “Construcionismo”, em oposição ao “Instrucionismo”, para identificar a maneira como professores deveriam atuar em sala de aula que, no seu ponto de vista, deveria ser com menos fala e mais ação dos alunos. Com o passar do tempo, e observando o uso que se fez da ferramenta LOGO em sala de aula, a experiência mostrou que a tela do computador não era algo tão concreto para a criança como se dimensionou. Por isso, à linguagem LOGO, ou “linguagem da tartaruga”, uniu-se peças do tipo LEGO®, as quais proporcionaram a montagem de objetos concretos que realizam movimentos no mundo real tal como a tartaruga realizava no mundo virtual. Iniciou-se, então, o Projeto LEGO-LOGO.

Na mesma obra LOGO, Papert (1985) relembra as “engrenagens da sua infância”, recordando o tempo em que observava motores ao lado de seu pai. Disse ele que tal vivência poderia ter influenciado sua maneira de ver o mundo. Por isso, acena com o desejo de criar uma “caixa de engrenagens” para proporcionar às crianças o que sua observação sobre motores proporcionou a ele na infância. Diz Papert (1985, p. 25):

Nas primeiras páginas desse livro descrevi como as engrenagens facilitaram a entrada de idéias matemáticas em minha vida. Muitas condições contribuíram para sua efetividade. Primeiro, elas faziam parte de meu “cenário” natural, estavam embutidas no mundo ao meu redor. Por isto pude encontrá-las sozinho e me relacionar com elas à minha própria maneira. Segundo, as engrenagens faziam parte do mundo dos adultos que me cercavam e através delas eu podia sentir como as engrenagens giravam imaginando meu corpo girando. Isso me possibilitou usar o meu “conhecimento do corpo” para pensar sistemas de engrenagens. E finalmente, porque em todos os sentidos reais a relação entre engrenagens contém grande quantidade de informação matemática, eu podia usá-las para pensar sistemas formais. Isso mostra como as engrenagens me serviam como um “objeto de pensar”. Foi assim que as utilizei em meu desenvolvimento como matemático. As engrenagens me serviram também como um “objeto de pensar com” em meu trabalho de pesquisa educacional. (PAPERT: 1985, p. 25)

Muito provavelmente, Papert não imaginava, nessa época, que anos mais tarde, no Laboratório de Mídias do Massachusetts Institute of Technology (MIT/EUA), concretizaria, com ajuda de seus colaboradores e convênio com a LEGO® Dacta, a “caixa de engrenagens”

¹⁴ O Projeto UCA tem parceria com o Laboratório de Estudos Cognitivos (LEC)/UFRGS, que é um centro onde se investiga Processos Cognitivos. A coordenação pedagógica é da Professora Dra. Léa da Cruz Fagundes.

no LEGO-LOGO, e chamado posteriormente de kit de Robótica Educacional LEGO® Mindstorms. Papert (2008) diz que o relacionamento entre academia e indústria, para a realização desse projeto, foi bastante positivo, e que em nenhum momento comprometeu sua integridade intelectual.

Através do kit, a tartaruga programável, idealizada por Papert, agora está fora da tela do computador e no formato criado pela criança. Ela pode ser construída com os blocos plásticos na forma de um carro, uma moto, um animal, ou qualquer outro protótipo¹⁵ imaginado pela criança e, em seguida, programada pela linguagem RoboLab® inspirada no LOGO.

Resnick et al (1996) trabalhou no mesmo grupo de pesquisas do MIT e aprimorou a idéia de Papert. A linguagem LOGO de programação foi adaptada para movimentar os blocos do tipo LEGO® através do “tijolo programável”, chamado Robotic Command Explorer (RCX). Unindo blocos plásticos, sensores, RCX e a programação, o kit possibilita a construção de *objetos para pensar com*.

Papert diz que a escola deveria trabalhar mais com o processo natural de aprendizagem, pois quando uma criança deseja aprender algo, ela aprende independente de alguém que a ensine (PAPERT, 1985), certamente referindo-se à questão da afetividade relacionada à aprendizagem desenvolvida por Piaget. Papert (1985) defende essa idéia, mas não acredita que o conhecimento nasce com o sujeito, necessitando apenas “desabrochar” para aprender. Ele acredita que aprende-se melhor quando se é “menos ensinado”, e deixamos o aluno experimentar, fazer, construir, usar, pensar e brincar.

Com base nos estádios do Desenvolvimento Intelectual de Piaget, o autor enfatiza o trabalho com objetos concretos e um trabalho intensivo com o estágio Operatório Concreto, onde o aluno precisa manusear, experimentar e construir objetos para construir as estruturas do pensamento. Papert (2008) acredita que tal forma de trabalho, com o concreto, deve ser empregada no ensino da matemática, mas não só aí como também em todas as outras áreas em que se deseja ensinar algo às crianças, em alusão ao construcionismo. Diz ele:

O construcionismo também possui a conotação de “conjunto de peças para construção”, iniciando com conjuntos no sentido literal, como o Lego, e ampliando-se para incluir linguagens de programação consideradas como “conjuntos” a partir dos quais programas podem ser feitos, até cozinhas como “conjuntos” com os quais são construídas não apenas tortas, mas receitas e formas de matemática-em-uso. Um dos meus princípios matemáticos centrais é que a construção que ocorre “na cabeça” ocorre com frequência de modo especialmente prazeroso quando é apoiada por um

¹⁵ O termo “protótipo” será usado aqui para designar os objetos construídos e reconstruídos pelas crianças em Robótica Educacional.

tipo de construção mais pública, “no mundo” – um castelo de areia ou uma torta, uma casa Lego ou uma empresa, um programa de computador, um poema ou uma teoria do universo. Parte do que tenciono dizer com “no mundo” é que o produto pode ser mostrado, discutido, examinado, sondado e admirado. Ele está lá fora. (PAPERT, 2008, p. 137)

Identifico o trabalho com RE como uma atividade construcionista, como proposto por Papert. Sendo ele o teórico que construiu as bases para que o kit de Robótica Educacional pudesse ser desenvolvido, sua teoria vem ao encontro do trabalho com RE na escola.

3.3 ROBÓTICA EDUCACIONAL

A **robótica**¹⁶ é o estudo da tecnologia associada ao projeto, fabricação e aplicação em robôs. Um **robô** é um dispositivo, ou grupo de dispositivos, capaz de realizar trabalhos de maneira autônoma, pré-programada, ou através do controle humano. A robótica pode envolver áreas como a engenharia mecânica, engenharia elétrica e a inteligência artificial, é também muito utilizada na indústria pelo setor de automação, que constrói robôs capazes de realizar tarefas impossíveis de serem executadas pelo ser humano, seja pelo nível de precisão, pelo peso ou pela velocidade. Ao pensar em robótica, podemos nos remeter imediatamente ao Ensino Superior, sobretudo nas áreas das engenharias com o uso da eletrônica, ou mecatrônica, ou ainda aos cursos técnicos que preparam para atuação no mercado de trabalho. Porém, uma modalidade de robótica, ainda pouco teorizada no meio acadêmico, mas com alguma ascendência no meio educacional, tem se mostrado uma ferramenta importante para motivar, desafiar, construir e integrar conhecimentos na sala de aula: é a Robótica Educacional.

A Robótica Educacional é uma atividade que reúne construção e programação de robôs e pode ser desenvolvida na escola utilizando kits comercializados no mercado brasileiro ou sucata eletrônica. A aula geralmente é direcionada para a construção de um protótipo e, posteriormente, é feita a programação através do computador e um software de programação. A montagem é o momento onde os alunos utilizam blocos, peças ou placas que se movimentarão autonomamente após serem programados através do software no computador. A atividade pode se desenvolver individualmente, em duplas ou em grupo, o que promove o trabalho cooperativo e integrado.

¹⁶ Baseado na Wikipédia. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>>. Acesso em: agosto de 2009.

Além de ser uma atividade educacional que trabalha com a construção e programação de objetos concretos, também possibilita a reflexão por meio da resolução de uma série de problemas desencadeados ao longo do processo de criação. A RE, em nível escolar, também é uma atividade lúdica onde os sujeitos se deparam com uma porção de peças que possibilita a construção de objetos que simulam o real, mas que parecem brinquedos e que demanda um esforço cognitivo para sua construção e programação para funcionar de forma autônoma como um robô.

3.3.1 Os kits de Robótica Educacional disponíveis no mercado brasileiro

A RE é possibilitada no meio escolar pelo uso de kits semi-estruturados e um software de programação. Na época desta pesquisa¹⁷, o mercado brasileiro dispunha dos seguintes kits para comercialização: os kits LEGO Mindstorms®, o kit VEX e ainda a “Robótica Livre”, que utiliza sucata e pode ou não se valer de interfaces¹⁸ como Gogo Board ou Cyberbox.

As peças LEGO® são brinquedos produzidos pelo LEGO® Group, cujo conceito se baseia em um sistema patenteado de peças de plástico que se encaixam, permitindo inúmeras combinações. É fabricado desde meados da década de 1950, quando se expandiu pelo mundo. A origem da empresa e dos brinquedos da marca LEGO® está associada à oficina de Ole Kirk Christiansen, um mestre carpinteiro da Dinamarca que produziu as peças inicialmente em madeira, na década de 1930. Em 1980, o LEGO® Group criou o Departamento de Produtos Educacionais, renomeado como LEGO® Dacta, em 1989, com a função de ampliar as possibilidades educacionais dos seus brinquedos. O convênio firmado com o MIT possibilitou ao Professor Seymour Papert, do Laboratório de Aprendizagem em Computação, o título de *Professor LEGO® de Pesquisa em Aprendizado*, após o seu trabalho de associar a linguagem de programação LOGO com os produtos LEGO®, criando o kit de Robótica Educacional Mindstorms.

¹⁷ A pesquisa sobre os kits educacionais foi realizada no início da investigação (2008). Na época da sua conclusão (2010) já havia muitos outros kits no mercado, tais como: Active Robotics, Festo, Join Max, K-Team, Mecano, Modelix, PNCA, Pioneer e Robotis.

¹⁸ O conceito de Interface significa aqui um circuito eletrônico que controla a interligação entre dois dispositivos hardwares e os ajuda a trocar dados.

O material utilizado na escola onde atuo como professora de Robótica Educacional e nesta investigação é o kit **LEGO Mindstorms® 9793**, desenvolvido por Papert e colaboradores, e comercializado pela LEGO® desde 1998. No Brasil, a representante comercial do produto é a EDACOM - Tecnologia em Sistemas de Informática Ltda¹⁹. Trata-se de uma caixa com divisórias contendo 830 peças, entre elas blocos plásticos, vigas, pranchas, engrenagens, rodas, eixos, cabos, sensores (sensor de toque, luz, temperatura), motores, entre outros, e um tijolo programável chamado RCX.

Para fins de organização e conferência²⁰ do kit LEGO Mindstorms® 9793, as peças que o compõe podem ser classificadas nas divisórias em: pranchas, blocos, vigas, rodas e pneus, peças verdes e amarelas, esteiras e rodas grandes, eixos e tubos, peças azuis e brancas, engrenagens, peças pretas, motores - sensores - cabos, conectores, RCX e peças cinzas (APÊNDICE A).



Figura 1: Kit LEGO Mindstorms® 9793 com RCX e um exemplo de montagem.
Fonte: Arquivo pessoal

O RCX, ou “tijolo programável” (RESNICK et al, 1996), é um bloco que funciona como microcontrolador autônomo e pode ser programado usando um computador e o software de programação RoboLab®. Ele utiliza sensores para obter entradas do ambiente, processar dados e comandar motores e lâmpadas para que liguem e desliguem. Cinco programas podem ser armazenados numa unidade RCX, um em cada slot do RCX, totalizando 1.500 comandos (ROBOLAB, 2003). O RCX funciona através da programação com o software RoboLab®, baseado em comandos representados por ícones. Depois de selecionar os comandos, os alunos transferem a programação para o RCX através de um

¹⁹ Site da EDACOM – representante brasileira da LEGO® . Disponível em: <<http://www.legozoom.com.br>>. Acesso em: agosto de 2009.

²⁰ No final de cada aula, os alunos conferem rapidamente o kit para verificar se as peças estão recolocadas nos lugares correspondentes e se não estão faltando peças, principalmente cabos, sensores e motores.

transmissor infravermelho conectado ao computador. O tipo de interface e a linguagem gráfica tornam a programação bastante acessível (APÊNDICE B).

Quando a SMED/Porto Alegre adquiriu, através da EDACOM, o “Projeto de Educação Tecnológica para as Séries Finais do Ensino Fundamental”, além da caixa com as peças para o trabalho, a escola recebeu uma coleção de revistas contendo sugestões de montagem para o trabalho com o material. Chama-se “ZOOM: revista de Educação Tecnológica”, formada por quatro coleções, de quatro revistas cada, totalizando dezesseis edições. Cada coleção destina-se a um dos quatro últimos anos do ensino fundamental. Observa-se que cada coleção tem a intenção de integrar as montagens com RE e os conteúdos destinados a cada ano escolar. Dessa forma, a primeira coleção (cor roxa) traz assuntos relacionados aos planetas, ar, água e solo, que correspondem aos conteúdos do 6º ano do Ensino Fundamental. A segunda coleção (cor amarela) possui construções relacionadas aos animais, que corresponde aos conteúdos do 7º ano. Na terceira coleção (cor vermelha), podemos encontrar protótipos relacionados ao corpo humano (8º ano) e, na última (cor verde), muitas construções envolvem conceitos de física, tais como velocidade, tempo e distância (9º ano). Cada montagem possui sugestões de montagem para a construção do protótipo. Há um desenho de como deve ser feita a montagem e as peças que serão utilizadas passo a passo (ANEXO 1).

Está disponível no mercado brasileiro, desde 2006, uma versão atualizada do kit Mindstorms, é o LEGO Mindstorms® NXT, com 431 peças, entre elas, blocos, vigas, eixos, rodas, engrenagens e polias, com o “tijolo programável” (RESNICK et al, 1996), agora chamado de NXT, com diversas modificações. As inovações incluem portas USB, sensor ultra sônico (que detecta objetos que estejam a até 2m de distância do sensor), sensor de cor, bateria recarregável, bluetooth, entre outros.

O software utilizado para programação é o LabView®. O público alvo para utilização desse material, segundo a empresa, é a partir dos 11 anos. Esse kit está disponível para comercialização também em lojas especializadas em brinquedos, ao contrário do Mindstorms® 9793, que só é vendido para instituições com fins educacionais.

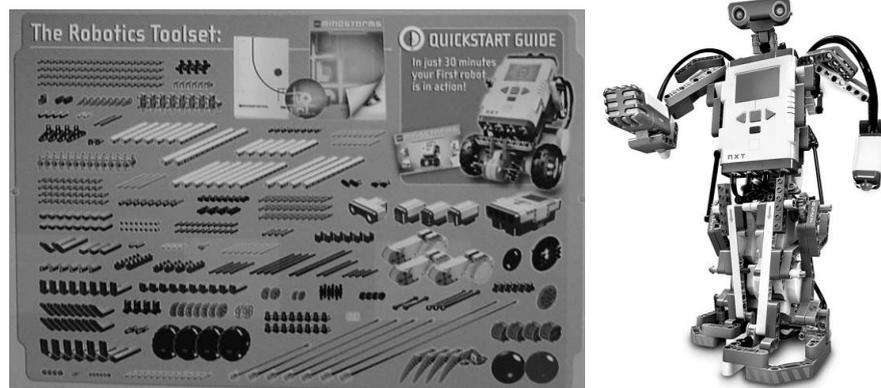


Figura 2: Kit LEGO Mindstorms® com NXT e um exemplo de montagem.
Fonte: <http://mindstorms.lego.com>

Com o LEGO Mindstorms® NXT pode-se projetar, construir e programar robôs por meio do software incluído no conjunto. Os robôs podem ser programados para executar diferentes operações em cada um dos seus cinco compartimentos de programas. O robô pode ser montado com sensores que controlam os motores e reagem à luz, som, tato, etc.

Outro kit comercializado no Brasil, este desde 2007, pela INDEX Tecnologia em Robótica, é o kit **VEX**. A INDEX Tecnologia em Robótica é representante exclusiva no Brasil dos produtos da Innovation First, Inc - IFI dos EUA, criadora do sistema VEX Robotics Design System. A empresa²¹ tem a visão voltada para Projetos Educacionais e Pedagógicos de inclusão tecnológica aos alunos de Ensino Médio.

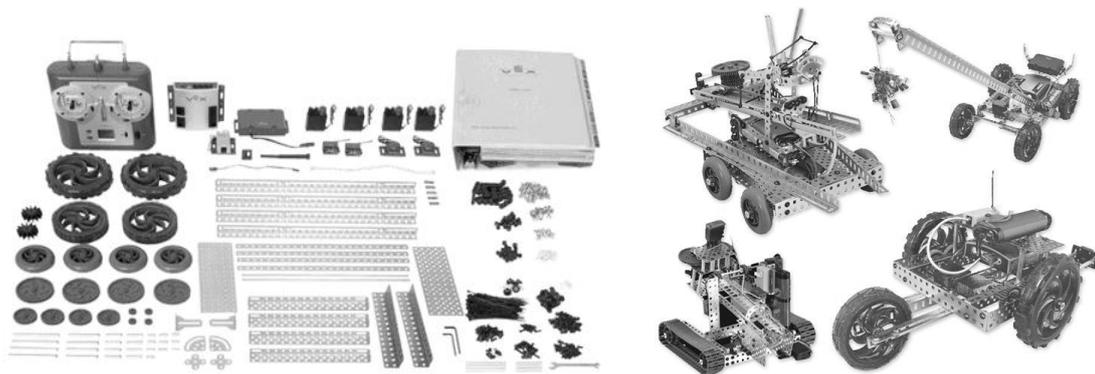


Figura 3: Kit VEX e exemplos de montagem.
Fonte: <http://www.vexrobotics.com.br>

O kit VEX é composto por peças metálicas do tipo vigas, porcas, parafusos, arruelas, chapas, rodas, motores, correntes, sensor ultra-sônico, entre outras. A construção é

²¹ Segundo o site da empresa. Disponível em: <<http://www.vexrobotics.com.br>>. Acesso em: agosto de 2009.

programada através do software EasyC® Vex Robotics e controlado pelo módulo de programação. O kit contém cerca de 500 peças e tem como público alvo para sua utilização alunos do Ensino Médio.

Uma alternativa ao uso de kits semiestruturados é a “Pedagogia da Sucata”, ou “**Robótica Livre**”, que foi pensada pelo professor Danilo César²², professor de robótica do CET-CEFET da cidade de Itabirito/MG, como alternativa aos kits comerciais e seus altos custos. Esta modalidade utiliza hardware (sucata tecnológica) e software livres (Linux e seus aplicativos). As construções partem para soluções livres em oposição aos produtos comerciais, além de ter um caráter ecológico de reutilização do lixo eletrônico. O projeto de robótica livre (CESAR, 2005) iniciou em 2004, em uma escola municipal de Belo Horizonte/MG, com alunos de Educação de Jovens e Adultos (EJA), de 14 a 67 anos, com resultados, segundo o professor, bastante positivos para a aprendizagem.

Para o desenvolvimento do trabalho com robótica e sucata, está disponível no mercado uma interface chamada **Cyberbox**, desenvolvida pela Besafe/IMBRAX²³, empresa localizada em Curitiba/PR. O material é utilizado em algumas escolas da rede pública e da rede privada desta cidade, segundo Zilli (2004).

Trata-se de uma interface desenvolvida para uso pedagógico em nível de ensino fundamental, médio e superior, com ligação serial ao computador com cabo e fonte incluídos. Possui doze saídas digitais de potência com controle de velocidade e posição através de PWM e controle de posição de servo-motores, através da CyberSevo. Além de dezesseis entradas digitais de 0 - 5V, com sinalização síncrona e assíncrona, 8 entradas analógicas de 10 bits de resolução, com sinalização síncrona com tempo programável e síncrona com disparo à escolha.

O Cyberbox não funciona de forma autônoma, ele precisa estar conectado a um computador para receber os comandos e então executar uma operação associada ao comando recebido. É uma interface profissional com muitos recursos e que pode ser controlada em softwares como: Imagine, Everest, Superlogo, Micromundos, etc.

²²Conforme entrevista com o professor Danilo César. Disponível em: <<http://br.youtube.com/watch?v=1StSDenPacM>> (parte1) e <<http://br.youtube.com/watch?v=YS98ETnRq7Q>> (parte2). Acesso em: agosto de 2009.

²³Site da empresa Besafe/IMBRAX. Disponível em: <<http://www.imbrax.com.br/cyberbox>>. Acesso em: agosto de 2009.



Figura 4: Cyberbox e um exemplo de montagem de um braço.
 Fonte: <http://www.imbrax.com.br/principal>

A placa **Gogo**, ou “**Gogo board**”, foi projetada no MIT e apresenta-se como uma alternativa ao bloco RCX, por exemplo, que compõe o kit LEGO Mindstorms®, mas que apresenta altos custos para a realidade brasileira. Consiste numa coleção de dispositivos eletrônicos de código aberto, projetados principalmente para uso educacional. Não é possível comprar uma placa GoGo, mas pode-se fazer uma, pois o objetivo não é vender placas, mas encorajar a construir e, para isso, informações disponíveis no site²⁴ ajudam em todas as tarefas envolvidas (compra dos componentes, elaboração da placa de circuito impresso, montagem e configuração).

Segundo a organização responsável pela criação da placa, ela foi criada com os seguintes objetivos: é multiuso, pois os alunos podem usar a placa para construir robôs, medir e armazenar dados ambientais, conduzir projetos de investigação científica, criar controles para jogos, instalações artísticas e outros. O código é aberto, pois permite que qualquer pessoa possa modificá-la para atender suas necessidades específicas. É de fácil montagem, pois a placa GoGo foi projetada com componentes e superfícies de soldagem grandes, para permitir a montagem. Não são usados componentes ultra-miniaturizados, que requerem experiência técnica ou equipamentos especiais para sua montagem. Além disso, a placa de circuito impresso foi projetada com traços largos, permitindo que seja feita com kits de baixo custo, disponíveis em qualquer loja de componentes eletrônicos. Todos os componentes foram escolhidos para serem facilmente encontrados e podem ser comprados em lojas de componentes eletrônicos em vários países. O custo é baixo, pois o número de componentes obrigatórios na placa foi minimizado para reduzir seu custo. Vários deles são opcionais e podem ser adicionados quando necessários.

²⁴ Disponível em: <<http://www.gogoboard.org>>. Acesso em: agosto de 2009.

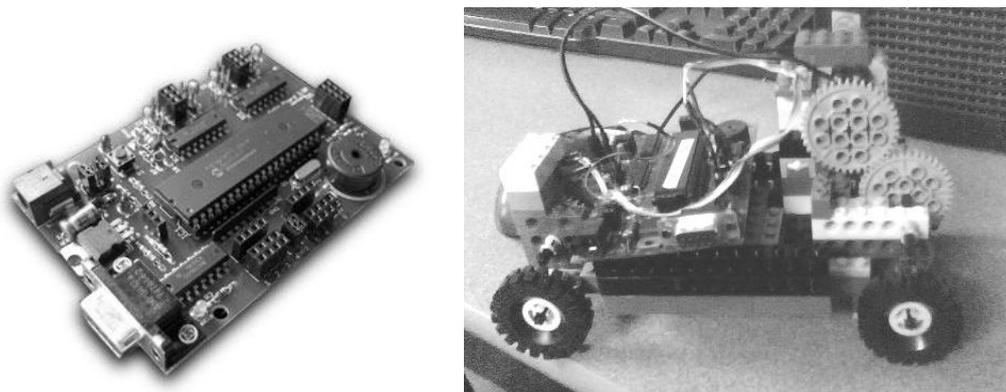


Figura 5: Gogo board e montagem com peças LEGO®.
Fonte: <http://www.gogoboard.org>

Atualmente, os altos preços dos materiais para o trabalho com robótica em nível escolar é um entrave para a expansão da Robótica Educacional no Brasil. Contudo, algumas escolas brasileiras desenvolvem atividades de cunho tecnológico com o uso de kits semi-estruturados ou interfaces nas aulas de RE.

3.3.2 A aula de Robótica Educacional

A aula de RE no Ensino Fundamental pode ser realizada com a utilização de um kit semi-estruturado, como os descritos anteriormente para a montagem de protótipos sugeridos pelo professor, montagens livres, resolução de problemas, transformação de protótipos, além de Projetos de Aprendizagem envolvendo montagem e programação. Pode integrar a grade curricular, estar inserida em uma disciplina, ou ainda funcionar como projeto de turno inverso ao turno de aula.

Numa aula de Robótica Educacional usando o kit LEGO Mindstorms®, por exemplo, os alunos constroem um objeto usando as peças e o RCX, depois criam um programa para automatizar o protótipo usando o RoboLab®. Em seguida, transferem seu programa para o RCX, usando um transmissor infravermelho e o protótipo se move de maneira autônoma, sem conexão com o computador. Caso o robô não funcione como esperado, o aluno deverá procurar o erro, ou “bug”, que pode estar na montagem ou na programação, e corrigir o caminho para então prosseguir na montagem.

Baseada na minha experiência com RE, acredito que o trabalho com robótica em sala de aula possibilita o encaminhamento de inúmeras atividades. Usando o kit LEGO Mindstorms®, ou outro material, o professor pode:

- a) *Sugerir a montagem e programação de modelos disponíveis em revistas ou sites especializados.* Nas revistas ZOOM, por exemplo, estão discriminadas passo a passo as peças que o aluno deverá usar e como fazer a montagem, basta o professor escolher o modelo e indicar a página aos seus alunos.
- b) *Partir de uma construção inacabada e solicitar que seja dada a continuidade da construção e sua programação.* O professor pode apresentar uma montagem com motores e engrenagens, por exemplo, e solicitar que seja construído e programado um objeto que inclua aquela construção. Pode-se, ainda, apresentar uma construção completa, como um robô-carro, por exemplo, e solicitar que sejam incluído sensores de toque para que funcione como “bate e volta”, por exemplo.
- c) *Apresentar uma construção pronta, que possui um erro ou “bug”, e os alunos poderão investigar e corrigir o erro.* Os erros podem estar relacionados à falta ou excesso de peças, conexões, cabos, engrenagens entre outros.
- d) *Apresentar uma programação já pronta, que possui um erro ou “bug”, e os alunos poderão investigar e corrigir o erro.* Os “bugs” podem estar relacionados com falta ou excesso de comandos, ou ainda na direção do giro dos motores.
- e) *Lançar um desafio e deixar que o objeto seja criado como no experimento dessa dissertação: “construir um robô para levar o carro com problemas mecânicos até a casa” é um exemplo desse tipo de atividade.* O aluno está livre para resolver esse problema como achar melhor.
- f) *Lançar um desafio que seja um problema na realidade em que cerca a comunidade e promover a construção de uma solução.* O problema a ser resolvido pode ser como automatizar o acendimento de luzes de um prédio

para que se economize mais energia elétrica, por exemplo, ou ainda a construção de um carro-coletor de lixo movido a energia solar.²⁵

Além dessas atividades, pode-se promover a construção de protótipos para participação em campeonatos internos ou externos tais como:

- a) *Futebol de robôs*: construir robôs autônomos ou controlados por controle remoto que sejam capazes de se movimentar em um espaço retangular, de tamanho predeterminado, com o objetivo de marcar pontos em um espaço denominado gol. Jogam dois robôs por vez e a bola pode ser do tamanho de uma bola de tênis.
- b) *Sumô de robôs*: construir robôs autônomos que sejam capazes de se movimentar em um espaço circular, de tamanho predeterminado, com o objetivo de empurrar para fora do espaço o robô adversário. Competem dois robôs por vez.
- c) *Desafio “tira latas”*: construir robôs autônomos que sejam capazes de se movimentar em um espaço circular ou retangular, de tamanho predeterminado, com o objetivo de empurrar para fora do espaço algumas latas coloridas. Cada uma das latas marca pontos de acordo com a sua cor. Compete um robô ou mais por vez, registrando a pontuação.
- d) *Desafio FLL*: A FIRST LEGO® League ou “FLL”, foi criada em 1998, numa parceria entre o grupo LEGO® e a organização FIRST²⁶, para promover uma competição internacional de equipes de robótica para crianças e adolescentes de até 16 anos, usando os kits Mindstorms com RCX ou NXT. Os torneios FLL acontecem em diferentes países do mundo, inclusive em cidades brasileiras como Porto Alegre²⁷. A competição é composta de partes: um campeonato de robô e um projeto. No campeonato, as equipes criam, constroem, programam e testam robôs autônomos que devem executar uma série de tarefas ou missões

²⁵ Esse trabalho foi apresentado pela equipe de robótica sob minha orientação no Salão UFRGS Jovem, em 2010, com o título: “Robô Coletor Movido a Energia Solar como Alternativa ao Uso de Carroças em Porto Alegre”.

²⁶ A sigla significa FIRST significa "Para Inspiração e Reconhecimento da Ciência e Tecnologia". Trata-se de uma organização sem fins lucrativos que cria atividades inovadoras para promover matemática, ciência e tecnologia para jovens.

²⁷ Em Porto Alegre aconteceram as etapas regionais do campeonato FLL, em 2007, com “Desafio Energético” e, em 2009, com “Conexões Climáticas”.

predeterminadas pela organização. No projeto, as equipes realizam pesquisas e criam uma solução de engenharia tecnológica ou de um aspecto do desafio e apresentam essa solução para uma banca de avaliadores. A avaliação final das equipes envolve a avaliação do robô, da pesquisa e do trabalho em equipe.

- e) *Desafio FRC*: As competições da FIRST Robotics Competition, ou FRC, são promovidas também pela FIRST em vários países, tendo como público alvo os estudantes maiores de 16 anos, ou seja, do Ensino Médio e Superior. A competição de robôs utiliza o kit VEX, entre outros kits, tecnologia, trabalho em grupo e assessoria acadêmica. Os desafios são lançados anualmente e têm prazos determinados para a sua realização. Cada equipe pode concorrer a prêmios técnicos (dirigibilidade, projeto, design, animação gráfica, etc) e outros que dizem respeito ao envolvimento da equipe com a sua comunidade e demais equipes.
- f) *Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR)*²⁸: uma iniciativa pública, gratuita e sem fins lucrativos, dedicada às escolas, professores e jovens brasileiros vinculados ao ensino fundamental, médio ou técnico, que visa aproximar esse público da área tecnológica de diversas formas, tais como: realização de provas no âmbito nacional, realização de torneios locais, parcerias com universidades, disponibilização de website com material de robótica pedagógica, e fóruns para troca de experiência entre docentes. O objetivo geral da OBR é 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.

Como visto até aqui, as aulas com Robótica Educacional possibilitam múltiplos encaminhamentos, podendo reproduzir modelos, criar protótipos, resolver problemas ou direcionar as construções para campeonatos.

Um questionamento que poderia surgir, então, é com relação à construção de modelos reproduzidos em revistas e sites especializados. Quando os alunos reproduzem uma montagem, poderiam estar limitando sua criatividade?

²⁸ Disponível em: <<http://www.obr.org.br/>>. Acesso em: agosto de 2009.

Quando o tipo de montagem é imposto pelo professor na aula de Robótica Educacional e sua construção é delimitada por manuais, podemos dizer que a aula está mais relacionada com uma concepção empirista²⁹ de aprendizagem. Então, a crítica a essa forma de trabalho poderia ser que uma “pedagogia diretiva” (BECKER, 2001) aplicada ao trabalho com RE, poderia restringir as criações dos alunos às montagens descritas nas revistas, além de reduzir ou impossibilitar o surgimento de problemas decorrentes da montagem e programação. O trabalho direcionado de RE limitaria a ação do aluno, uma vez que a especificação do passo a passo minimizaria a questão do erro na construção, uma vez que tal montagem já foi realizada por outra pessoa que eliminou qualquer possibilidade de equívoco.

Contudo, observo que, quando os alunos realizam esse tipo de atividade, mesmo seguindo as etapas de construção especificadas na revista, muitos problemas acontecem durante a montagem e programação, impedindo o funcionamento esperado do protótipo. Tal problema pode ser consequência de erros de montagem ou de programação do robô, e então acontecem momentos de reflexão onde o(os) aluno(os) precisa(m) agir com intuito de resolver o problema, comparando o objeto construído com aquele desenhado na revista, retomando e corrigindo equívocos, ou seja, um procedimento típico de resolução de problemas onde acontece a reflexão sobre a ação para reconstruir procedimentos.

A história do meu primeiro contato com o kit de robótica LEGO Mindstorms®, descrito no início dessa dissertação, é um exemplo de uma aula voltada para uma “pedagogia diretiva”, ou seja, quando uma sugestão de montagem é lançada pelo professor e seguida passo a passo pelas instruções de montagem e programação. Aquela primeira montagem proporcionou que eu assimilasse e construísse esquemas de ação sobre o objeto “novo”, que me ajudaram a pensar nas construções seguintes e a resolver problemas em RE. Portanto, considero importante proporcionar algumas atividades dirigidas para que o sujeito possa agir sobre o objeto, no caso o kit de robótica, construindo esquemas que servirão como recurso nos momentos em que atuar de forma autônoma para criar protótipos. Assim, quando o aluno for deixado livre para criar, ele poderá acionar seus esquemas construídos anteriormente, tais como encaixes, funções do sensor, das peças, programação etc, para construir o que desejar. O grande problema de direcionar as aulas está, no meu ponto de vista, quando o professor trabalha somente com atividades dirigidas nas suas aulas de Robótica Educacional, impedindo que os alunos criem objetos de acordo com suas necessidades e interesses.

²⁹ A teoria epistemológica **Empirista** diz que a aprendizagem acontece através do modelo SUJEITO ← OBJETO, portanto, o sujeito nasceria uma “tábula rasa”, onde bastaria que depositássemos os conteúdos para que acontecesse a aprendizagem.

Além disso, toda a atividade desenvolvida no currículo escolar está delimitada ao tempo exato de um, dois ou três períodos de aula. Por isso, quando a atividade de RE é realizada no turno de aula, é necessário que o tempo seja organizado e limitado para que o trabalho seja concluído e atinja o objetivo da construção e programação, pois observo que os alunos que não conseguem concluir o trabalho no tempo previsto são tomados de um sentimento de frustração.

Por outra linha de ação, pode-se trabalhar numa aula de Robótica Educacional simplesmente oferecendo o material ao aluno e deixando que ele se encarregue de pensar qual a construção que gostaria de realizar e como faria. Observo que, alguns professores, ao trabalhar com a RE em sala de aula, simplesmente oferecem o material a seus alunos e se ausentam do ambiente da sala. Tal comportamento, por parte do professor, pressupõe que o aluno será capaz de fazer tudo sozinho. Essa linha de trabalho está mais relacionada com a teoria epistemológica apriorista³⁰. Uma “pedagogia não diretiva” (BECKER, 2001), aplicada ao trabalho com Robótica Educacional, pode oferecer nenhum desafio para o aluno, ainda mais quando ele não construiu esquemas de ação sobre o objeto em questão.

Além disso, a falta de um controle, por parte do professor, da organização do tempo da aula, faz com que os alunos consigam apenas montar (quando conseguem), sem chegar à programação. Podem acontecer também avarias ao material, como perda de peças, além de estragos devido ao fato dos alunos desencaixarem as peças com os dentes. Outro fato que observo é que peças como sensores e cabos, tornam-se peças ornamentais nas construções pelo desconhecimento da sua função. Os alunos poderiam pesquisar as funções de cada peça, mas quando o professor renuncia sua função no processo de aprendizagem do aluno, ele não oferece nem mesmo os caminhos para encontrar as respostas para o conhecimento social.

Os kits de robótica, assim como os computadores, carregam possibilidades de trabalho com fins pedagógicos, mas tudo dependerá da maneira como será trabalhado com os alunos. O professor pode deixar que os alunos fiquem nas construções mais simples, ou que sejam instigados a ir além, construindo e reconstruindo, agindo e refletindo sobre essa ação.

Um trabalho com RE voltado para a epistemologia **Construtivista**³¹ pressupõe uma atividade baseada na ação (física e mental) do sujeito. Uma “pedagogia relacional” (BECKER, 2001) aplicada ao trabalho com Robótica Educacional necessita que o aluno,

³⁰ O **Apriorismo** explica a aprendizagem através do modelo SUJEITO → OBJETO, portanto, o sujeito nasceria com todo o conhecimento pronto dentro dele, bastando “despertá-lo” para que ocorresse a aprendizagem através do *laissez-faire* ou “deixai fazer”.

³¹ O modelo SUJEITO ↔ OBJETO pressupõe que sujeito e objeto ajam para que aconteça a aprendizagem. Portanto, para o construtivismo, o sujeito não nasce uma “tábula rasa” e tão pouco nasce sabendo. O sujeito nasce com a possibilidade de aprender, bastando, para isso, que aconteça a solicitação do meio.

sujeito da aprendizagem, aja construindo os objetos no meio concreto e opere sobre seus esquemas de ação.

O tempo limitado (e quase sempre reduzido) para a aula é um entrave para o desenvolvimento da atividade de Robótica Educacional no meio escolar. Nem sempre o sujeito consegue resolver um problema no tempo de uma aula ou de períodos. Quando os alunos possuem mais tempo para criar, transformar e resolver problemas, a atividade se torna mais significativa, pois cada sujeito pode buscar, no seu tempo, as respostas que procura. Quando é possibilitado mais tempo aos alunos para construir um protótipo (retirado ou não das revistas), e modificações são realizadas para qualificar o funcionamento desse objeto, é um momento de muita ação e grande aprendizagem para os alunos, pois a busca e a construção de estratégias para alcançar objetivos, melhorar procedimentos e resolver problemas é um momento de intensa ação cognitiva.

Portanto, o trabalho com RE na modalidade Projeto no turno inverso ao da escola, proporciona aos alunos que eles possam ter um tempo maior para aperfeiçoar suas construções, testar hipóteses, fazendo e refazendo para que possam refletir sobre sua ação. O trabalho em sala de aula, geralmente com turmas grandes, necessita de uma organização do tempo para que a atividade possa acontecer. Já o trabalho com grupos menores na modalidade Projeto é muito mais produtivo no sentido de proporcionar mais tempo para resolução dos problemas decorrentes da montagem e programação.

Certa vez, um grupo de alunos montou o protótipo de uma moto onde toda a construção estava sugerida na revista ZOOM. Porém, a moto não se movimentava autonomamente, pois não possuía motor. O grupo tratou então de fazer as devidas adaptações para colocar um motor na moto para que se movimentasse sozinha e, com mais outra adaptação nas rodas, colocaram a moto na vertical sem precisar ajuda das mãos. Ainda não satisfeitos, queriam encontrar uma maneira de adaptar o RCX (tijolo programável) na moto. Como a moto era muito frágil e o RCX muito pesado, construíram uma estratégia para adaptar um controle para que o RCX ficasse nas mãos do controlador. Dessa forma, deram o nome ao projeto de “O Controle Re-Moto”. O projeto demandou tal envolvimento do grupo que quiseram apresentá-lo na Feira de Ciências da escola. O trabalho recebeu prêmio Destaque da Feira, tamanha a empolgação dos alunos em explicar seus processos de construção e proporcionar, a quem desejasse, controlar a moto pelo controle construído pelo grupo. Esse exemplo ilustra uma possibilidade de aula voltada para uma pedagogia relacional, onde os sujeitos que já haviam construído esquemas de ação acerca do material, no caso o kit de

robótica, construíram um protótipo e, depois, partem para resolver o que se tornou um problema para eles na ocasião: a construção de um controle remoto para a moto.

Entre os tantos encaminhamentos possíveis citados até aqui para uma aula de RE, parece-me que a possibilidade de trabalhar com objetos concretos, no modelo construcionista que nos sugeriu Papert (2008), criando *objetos para pensar com*, construindo e testando hipóteses como numa “tempestade de idéias”³², me parece ser a maior vantagem do trabalho com Robótica Educacional. O trabalho com RE voltado para a epistemologia construtivista possibilita aulas em que os alunos agem concretamente e operam mentalmente elaborando e reelaborando procedimentos, bem como construindo e reconstruindo seus esquemas de ação.

³² O termo *mindstorms*, ou “tempestade de idéias”, é o título original em inglês da obra LOGO de Papert (1985).

4 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: da macro à microgênese

Porque a macrogênese de Piaget é referência para essa pesquisa, uma vez que envolve a investigação de processos cognitivos, alguns termos da Epistemologia Genética foram e são citados ao longo da presente dissertação. Agora, se faz necessário explicar alguns conceitos fundamentais da Epistemologia Genética de Jean Piaget, uma vez que também fundamenta as Microgêneses Cognitivas de Bärbel Inhelder. Reconhecendo a profundidade da obra de Piaget, não tenho a intenção de esgotar teoricamente os termos que seguem, mas delinear os conceitos que considero imprescindíveis para o entendimento do construtivismo epistemológico.

4.1 CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: a dimensão epistemológica

Jean Piaget (1896-1980), teórico da Epistemologia Genética, dedicou-se a pesquisas para explicar os mecanismos da construção do conhecimento, e sua questão central era responder como passamos de um nível menor para outro maior de conhecimento. O termo “**Epistemologia**” refere-se ao estudo do conhecimento e, no caso da teoria de Piaget, “**Genética**” refere-se à gênese, ou origem desse conhecimento. Contrapondo-se às teorias Epistemológicas Empirista e Apriorista, Piaget escreveu, ao longo de suas obras, que a origem do conhecimento é uma construção realizada através das ações físicas (agindo sobre os objetos) e mentais (reorganizando as estruturas mentais) do sujeito.

Uma das questões centrais em Piaget, que se difere das teorias Empirista e Apriorista da aprendizagem, é a questão da **ação**. A ação do sujeito é o ponto de partida para a construção da inteligência humana. Para aprender, cada sujeito construirá para si os objetos do meio, e isso acontecerá através da sua própria ação física ou mental. Para realizar todo o processo de construção do conhecimento, é necessário que o sujeito aja externamente sobre objetos e opere internamente nas suas estruturas mentais. Essa é a crítica epistemológica radical de Piaget, pois tanto a teoria Empirista quanto a Apriorista acreditam num sujeito passivo, que recebe tudo do meio ou que nasce com tudo pronto, só esperando “desabrochar”. Para a epistemologia genética, o indivíduo nasce com a “possibilidade” de aprender, pois dependerá do meio e da sua ação.

Segundo Montangero e Maurice-Naville (1998), na **primeira fase** das suas pesquisas, Piaget investigou a mentalidade infantil e a socialização progressiva do pensamento. Buscou encontrar a natureza específica do pensamento da criança pequena, enfocando a linguagem, e encontrou uma estrutura e um funcionamento diferente do adulto. Nesse período, aprofundou conceitos como *egocentrismo* e *descentração*, e tratou da cooperação como forma de libertação do pensamento egocêntrico. Na **segunda fase** das suas investigações, marcada por uma perspectiva funcionalista, buscou teorizar sobre o conhecimento e fez um paralelo entre o desenvolvimento intelectual e a adaptação biológica. Os conceitos teorizados fundamentalmente no período são: *adaptação*, *assimilação* e *acomodação*. É nesse período que Piaget dedicou-se à observação da conduta dos seus filhos no período sensório-motor, quando escreveu “O Nascimento da Inteligência na Criança” (PIAGET, 1975). As obras “A Construção do Real na Criança” (PIAGET, 2006) e “A Formação do Símbolo na Criança” (PIAGET, 1978b) completam uma trilogia com conceitos fundamentais da obra de Piaget. Já na **terceira fase**, a perspectiva do trabalho de Piaget pode ser classificada como estruturalista, mas o termo refere-se ao estudo das estruturas do pensamento, pois ele realiza uma análise estrutural a serviço do estudo da formação das “categorias” de conhecimento. Após passar por uma fase transitória entre o primado das estruturas operatórias e o interesse pelos mecanismos do desenvolvimento, os trabalhos de Piaget entram numa **quarta** e última fase, quando os textos não têm, ainda segundo Montangero e Maurice-Naville (1998), unidade do ponto de vista das condutas estudadas e não se referem a um modelo dominante, compreendendo um pequeno número de conceitos explicativos. É nessa fase, também, que são escritas as obras “Fazer e Compreender” (PIAGET, 1978a) e o “Possível e o Necessário” (PIAGET, 1985 e 1986).

O método de investigação proposto por Piaget, extensivo ao seu grupo de pesquisa em Genebra, consiste no **método clínico** aplicado na investigação da Epistemologia Genética, que buscou pesquisar a construção de conhecimentos e em considerar todo conhecimento como relativo a certo nível dessa construção. Dessa forma, o investigador que se propõe a usar o método clínico, apresenta uma situação problema ao sujeito que deve resolvê-la (ou tentar resolvê-la), enquanto o investigador lhe questiona buscando sua hipótese mental. No caso dos estudos de Piaget, o mesmo experimento foi apresentado a crianças em diferentes estádios³³ do desenvolvimento, objetivando investigar a hipótese mental acerca do problema.

³³ Piaget (1965) e Piaget e Inhelder (1999) dividiram o Desenvolvimento Intelectual em quatro estádios de acordo com a estrutura cognitiva do período: Sensório Motor (onde predomina a ação física), Pré Operatório

O método foi aplicado em milhares de crianças e concluiu que, ainda que as idades variem, os processos cognitivos são os mesmos em qualquer parte do mundo.

Para ele, a inteligência possui duas funções, que chamou de **invariantes funcionais** (PIAGET, 1975), por manter seu funcionamento invariável desde as fases mais primitivas do desenvolvimento, que são a adaptação e a organização. Através da **adaptação** ao ambiente externo, o sujeito **assimila** aquilo que suas estruturas mentais internas lhe permitem, e **acomoda**, transformando essas estruturas, mas podemos assimilar somente aquilo que nossa estrutura interna encontra coerência. A assimilação utiliza-se sempre das estruturas já construídas pelo sujeito, portanto, não existe assimilação “pura”, sempre ocorre uma conservação da estrutura anterior para incorporar algo novo de forma ascendente. Segundo Piaget (1975), a adaptação é um equilíbrio entre assimilação e acomodação. Nas palavras do autor:

O organismo adapta-se construindo materialmente novas formas para inseri-las nas do universo, ao passo que a inteligência prolonga tal criação construindo, mentalmente, as estruturas suscetíveis de aplicarem-se às do meio. Num sentido e no começo da evolução mental, a adaptação intelectual é, portanto, mais restrita do que a adaptação biológica, mas, prolongando-se esta, aquela supera-a infinitamente (PIAGET, 1975, p. 15).

Quando nos deparamos com algo novo para nossa inteligência, algo que desconhecemos, tentamos assimilar esse objeto com os esquemas e estruturas cognitivas que possuímos, mas nem sempre é possível, por isso realizamos modificações estruturais para que o conhecimento novo possa ser incorporado. Portanto, quando não há possibilidade de assimilação, o esquema se acomoda, adaptando-se para se transformar num outro mais adequado e capaz, então, de realizar a assimilação. Ao acomodar, o esquema se reconstrói e se prolonga, gerando um novo esquema de assimilação em outro nível, sempre mais elevado, de equilíbrio. Portanto, a atividade assimiladora do sujeito se complementa na acomodação, quando acontece a transformação das estruturas cognitivas.

Através da adaptação e da **organização**, o sujeito realiza a concordância do pensamento com as coisas e do pensamento consigo mesmo, pois “é adaptando-se às coisas que o pensamento se organiza e é organizando-se que estrutura as coisas” (PIAGET, 1975, p. 19). Portanto, adaptação e organização são inseparáveis, pois o primeiro refere-se ao funcionamento de um sistema, e o segundo, às suas estruturas. As invariantes funcionais (adaptação e organização) são a base do funcionamento cognitivo do sujeito.

(onde existe a ação interiorizada através da representação), Operatório Concreto (onde existe a ação interiorizada e reversível) e Operatório Formal (onde acontece o raciocínio indutivo).

Através das testagens baseadas no método clínico, Piaget constatou que toda ação da criança tem uma lógica, uma ordenação, uma seriação, classificação e implicação, e concluiu que as estruturas mentais funcionam seriando, ordenando, classificando e estabelecendo implicações. É através da ação que o sujeito produz conhecimento nas suas estruturas básicas, mas as ações não se organizam aleatoriamente, pressupõe sempre uma lógica das ações. O organismo funciona em todos os níveis, ordenando e classificando, e as estruturas subjacentes às ações da criança revelam as estruturas mentais ligadas a um conteúdo. A possibilidade de estabelecer relações não é dada a priori (não no sentido cronológico, e sim no sentido de condição necessária), mas surge em função da construção das estruturas que ocorrem na interação do organismo com o meio e é uma conquista do ser humano. A capacidade de estruturar vem da própria atividade da estrutura mental, a qual funciona seriando, ordenando, classificando e estabelecendo implicações, porém, esse funcionamento é inconsciente, pois agimos em função de uma estrutura que não temos consciência.

Qualquer aprendizagem implica **estruturas** subjacentes à ação que lhe deu origem, mas essa estrutura mental não é observável, é orgânica e específica para o ato de conhecer, responsável pela nossa capacidade de estabelecer relações lógicas. Para Piaget, uma estrutura é um conjunto de elementos relacionados entre si, interdependentes, de forma que não podemos definir ou caracterizar os elementos independentemente destas relações. Na origem das estruturas estão os esquemas, pois uma estrutura é o resultado da organização de sistemas de esquemas. O **esquema** é aquilo que é generalizável em uma ação, ou seja, o que se interioriza de uma ação é a sua generalização, isto é, o esquema que por sua vez possibilita a ação subsequente.

Uma vez em contato com o meio, o sujeito é solicitado a adaptar-se e organizar-se (invariantes funcionais), construindo esquemas de assimilação. Os esquemas são coordenados em sistemas que, por sua vez, possibilitam novas assimilações. Ao estabelecer novas assimilações, o sujeito constrói outros esquemas de ação que provocam novas transformações cognitivas que originarão as estruturas mentais.

Além das invariantes funcionais e do conceito de esquemas e estruturas, Piaget investigou processos cognitivos na tentativa de responder sua questão central “como passamos de um nível menor para outro maior de conhecimento”. Ao longo da sua obra, nomeou de forma diferente processos similares. É o caso da teoria da equilíbrio, que é aplicável a qualquer organismo vivo, e o Processo de Abstração, que é aplicável somente aos seres humanos. Nos seus estudos iniciais, ele chamou de processo de equilíbrio e, posteriormente, de Processo de Abstração (PIAGET, 1995).

O **Processo de Abstração** consiste em retirar do meio aquilo que é possível assimilar através dos esquemas de assimilação e projetar em um nível superior. Através do **Processo de Abstração Empírica**, o sujeito assimila dados daquilo que é observável na *experiência física*. Dessa forma, podemos observar que um objeto é verde, ou azul, que é leve ou pesado. Retirar dados observáveis através da experiência física é um processo de Abstração Empírica, mas uma Abstração Empírica dependerá sempre de Abstrações Reflexionantes realizadas anteriormente para a construção dessas categorias.

Já a **Abstração Reflexionante** é estruturante, ou seja, é retirada dos não observáveis, e dependerá das relações estabelecidas pelo sujeito, ou seja, da experiência *lógico-matemática*. Assim, dizer que o objeto é parecido com, ou que é tão grande como outro, é colocá-lo em relação, pois essa propriedade não aparece no objeto, mas nas relações estabelecidas através da ação mental do sujeito. O que é retirado da coordenação das ações é uma Abstração Reflexionante. A Abstração Reflexionante apóia-se sobre as coordenações das ações do sujeito, podendo estas coordenações, e o próprio processo reflexionante, permanecer inconscientes, ou dar lugar a tomadas de consciência e conceituações variadas. Para ocorrer aprendizagem significativa, é necessária uma assimilação que se prolongue em acomodação, pois aprender é construir estruturas de assimilação através do **Processo de Abstração Reflexionante**.

O **Processo de Abstração Reflexionante** comporta dois aspectos inseparáveis: o reflexionamento e a reflexão. O **reflexionamento** é a projeção sobre um patamar superior daquilo que foi tirado do patamar inferior, é a diferenciação. Já a **reflexão** é um ato mental de reconstrução e reorganização sobre o patamar superior daquilo que foi assim transferido do inferior, é a integração. Quando o sujeito estabelece, através do **Processo de Abstração Reflexionante**, relações entre os objetos, podemos dizer que o objeto foi modificado pela ação do sujeito e enriquecido por propriedades tiradas de suas coordenações, portanto, essa é uma **Abstração Reflexionante pseudo-empírica**. Porém, quando o sujeito toma consciência, através do mecanismo de Tomada de Consciência, do produto de uma **Abstração Reflexionante**, ela é chamada de **Abstração Refletida**.³⁴

O processo de **Tomada da Consciência** foi pesquisado por Piaget e seus colaboradores na quarta fase das suas obras, que resultou na produção de duas obras: “A Tomada de Consciência” (PIAGET, 1977) e “Fazer e Compreender” (PIAGET, 1978a) que se

³⁴ Importante ressaltar que o reflexionamento e a reflexão são processos inseparáveis, já a **Abstração pseudo-empírica** e **refletida** são complementares.

complementam como resultado dessa investigação. Na primeira obra, as investigações se voltam para a análise de condutas envolvendo resolução de problemas em que o sujeito alcança êxito precoce em relação às ações. Ou seja, os sujeitos agem resolvendo problemas propostos, mas não conseguem conceituar sua ação, em outras palavras, conseguem fazer, mas não conseguem “compreender” sua ação. Na segunda obra, os experimentos demonstram que os êxitos das ações são mais tardios, por etapas sucessivas decorrentes de coordenações entre esquemas distintos e de uma regulação mais ativa que supõe a introdução de novos meios. Os experimentos utilizados nas testagens da segunda obra são mais complexos, levando os sujeitos a tomadas de consciência, ainda que parciais, para a resolução do problema. A questão fundamental das duas obras é como a ação se organiza progressivamente. Os experimentos nos mostram que a origem da coordenação é a coordenação das próprias ações, pois evoluímos da ação (esquemas isolados de assimilação com acomodações momentâneas) para a coordenação das ações (assimilação recíproca dos esquemas nas estruturas operatórias de conjunto com suas leis de composição).

A mecanismo da Tomada de Consciência (TC) é um processo que consiste em elaborar os diferentes níveis da consciência enquanto sistemas mais ou menos integrados. A lei geral do processo da TC é a passagem da periferia para o centro e tende ao infinito (da periferia para o centro do objeto e da periferia para o centro do sujeito, reciprocamente). É através desse processo que o sujeito se apropria dos mecanismos da ação, envolvendo a representação e evoluindo para a conceituação.

Num primeiro momento, podemos “saber fazer” (*savoir faire*) algo, mas não conseguimos falar, depois de sucessivas tomadas de consciência, em diferentes níveis, o sujeito passa a compreender (conceituar) e, conseqüentemente, falar (representar através da fala). Graças à participação e à comunicação, o sujeito toma consciência de seu ponto de vista próprio e das regras do seu caminho intelectual, e essa TC faz chegar à lógica. Mas, a verbalização das relações de classe, por exemplo, pode ser prova de que o sujeito atingiu um certo nível de construção das estruturas mentais, mas a não verbalização não é prova da não construção das estruturas no organismo. No máximo, pode indicar a não consciência dessa construção por parte do sujeito. O “saber” funciona de forma autônoma com relação à linguagem, além disso, o “saber fazer” acontece de forma precoce ao “compreender”.

O processo de TC pode acontecer em três níveis segundo Piaget (1977, p. 208):

O primeiro desses níveis é o da ação material sem conceituação, mas cujo sistema dos esquemas já constitui um saber muito elaborado. (...) O segundo nível é o da conceituação, que tira seus elementos da ação em virtude de suas tomadas de consciência, mas a eles acrescenta tudo o que comporta de novo o conceito em relação ao esquema. Quanto ao terceiro nível, contemporâneo das operações formais

que se constituem em torno de 11-12 anos, ele é o das “abstrações refletidas” no sentido definido acima.

A representação mental é a capacidade de evocar, por meio de um signo ou de uma imagem simbólica, o objeto ausente ou a ação ainda não realizada. Essa possibilidade de representar através da função simbólica possibilita a passagem do esquema para o conceito. O conceito vira pensamento pela função simbólica e a função simbólica, por sua vez, possibilita a Tomada de Consciência.

É através do processo de TC que um conjunto de ações se transforma em conceito, ou seja, é a TC da coordenação das ações que levará ao conceito, ou totalidades operatórias, que expressam as ações do sujeito. Quando se passa da ação para a conceituação, abre-se uma série de possibilidades de estruturações. Eis aí mais um processo investigado por Piaget. Refere-se à abertura das estruturas cognitivas para a atualização daquilo que se encontrava em estado virtual para o sujeito, tornando-se uma novidade.

A construção de novidades através da teoria do possível, na obra de Piaget, também é assunto da quarta e última fase do autor. Uma estrutura acabada torna possível um conjunto de operações, ou seja, certo número de possibilidades que não poderiam ser realizadas antes do seu acabamento, “pois cada possível é o resultado de um acontecimento que produziu uma ‘abertura’ sobre si mesmo enquanto ‘novo possível’ e sua atualização dá lugar, em seguida, a novas “aberturas” para outras possibilidades, e assim sucessivamente” (PIAGET, 1992, p. 52).

O aumento de possibilidades, ou possíveis, ocorre gradativamente de acordo com a modificação da estrutura mental do sujeito, acontecendo uma “explosão” de possíveis na estrutura operatório formal, mas, segundo Piaget (1992), o desenvolvimento das estruturas operatórias não são suficientes para explicar a abertura dos possíveis, ainda que desempenhem papel parcial nesta abertura. Piaget (1992) diz, então, que é necessário completar sua teoria, especificando três tipos de esquemas: os *esquemas presentativos*, que dizem respeito aos caracteres simultâneos dos objetos e que se conservam em caso de composição; os *esquemas de procedimento*, ao contrário, que consistem em meios orientados para um fim, não se conservando necessariamente; e os *esquemas operatórios*, que constituem a síntese dos anteriores (PIAGET 1985, 1992). Inhelder e Cellérier (1996) dizem que Piaget propôs essa distinção pois reconhecia, nessa fase, a importância dos esquemas de procedimento, mostrando suas diferenças em relação a outros tipos de esquemas. Dessa forma, todo indivíduo possui dois grandes sistemas cognitivos complementares: o sistema presentativo fechado, de esquemas e estruturas estáveis, que serve essencialmente para “compreender” o

real, e o sistema de procedimento, em mobilidade contínua, que serve para “ter êxito”, para satisfazer necessidades, através de invenções ou transferências de processos (PIAGET, 1985).

A abertura de novos possíveis depende do sistema dos procedimentos, pois um procedimento repousa sobre a possibilidade de um êxito e as regulações que corrigem ou completam o método visam melhorar as ações empregadas que consistem em atualizações no interior de um leque mais amplo de possíveis. De modo geral, a abertura para novos possíveis consiste em ultrapassar um estado de fato para visar um novo real rico em atualizações eventuais e melhor equilibrado conceitualmente.

O possível e o necessário (impossível) são duas noções interligadas, mas Piaget convencionou chamar de “impossível” nas suas técnicas aplicadas na investigação, porque é mais fácil interrogar as crianças sobre as impossibilidades do que sobre as necessidades. A dificuldade das novas aberturas não consiste apenas em imaginar o novo, mas em abolir as limitações que o real impõe aos possíveis em devir; desta maneira, o aumento dos possíveis se apresenta também como uma vitória progressiva, mas laboriosa, sobre as limitações. Diz Piaget (1992, p. 64):

[. . .] a impossibilidade subjetiva ou pseudo-impossibilidade consiste em importantes reações a serem consideradas para explicar o processo de conjunto que conduzirá à multiplicação dos possíveis e às “necessidades” autênticas. Esta reação pode ser caracterizada por uma superestimação do real atual, portanto, estados de determinados fatos, ou porque suas características particulares (na realidade limitadas) se impõem injustificadamente como gerais e necessárias – daí as “**pseudonecessidades**” – ou simplesmente porque este real atual, considerado como o único possível, fecha as aberturas para novos possíveis.

Então, a evolução do possível e do necessário parece caracterizada por três etapas: 1) primeira etapa de indiferenciação, na qual o real aparece, além disso, como pseudonecessário, e onde o possível se limita a seus prolongamentos previsíveis mais imediatos; 2) segunda etapa de indiferenciações, na qual o possível e o necessário se distinguem dos simples “fatos” e os dois aumentam progressivamente, enriquecendo este “real”; 3) etapa final de integração, na qual as sínteses graduais do possível e do necessário subordinam o real e o estruturam de forma mais adequada.

Importante dizer ainda que os experimentos da quarta fase da obra de Piaget, pensados e praticados por ele e seus colaboradores, com frequência apelam à observação de estratégias de construção ou de resolução de problemas práticos de preferência aos juízos da criança (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998). Acredito que a análise mais refinada da conduta dos sujeitos aparece novamente na quarta fase das obras de Piaget, por

interferência dos interesses dos integrantes do grupo de Genebra (incluindo Bärbel Inhelder), o que poderia demonstrar um delineamento de uma mudança de paradigma de investigação: do foco nos processos mentais para o foco nas condutas que também podem levar à investigação dos processos mentais.

4.2 CONSTRUTIVISMO E ROBÓTICA EDUCACIONAL

Explicar a aprendizagem em Robótica Educacional através do quadro teórico exposto anteriormente é atentar para os mecanismos de ação do sujeito. Portanto, para que aconteça a aprendizagem em Robótica Educacional, é necessário que aconteça a ação do sujeito sobre o objeto e do sujeito sobre as suas estruturas cognitivas. Isso só será possível se os indivíduos forem solicitados a agir sobre o material e refletir sobre sua ação. Uma aula de Robótica Educacional baseada na epistemologia genética de Piaget deve primar pela ação dos seus alunos, ou seja, ação física sobre os objetos (construção) e ação mental (reflexão) sobre os resultados dessa ação.

Trabalhar com peças para a construção de objetos possibilita que os alunos ajam fisicamente sobre esse objeto, construindo protótipos, e ajam mentalmente resolvendo problemas decorrentes da montagem e programação. Ao longo do procedimento de construção e programação, o sujeito precisa construir hipóteses, testá-las e reformulá-las tantas vezes quanto necessário, e constatar através do seu fazer o próprio êxito ou fracasso, direcionando a sua conduta. Trabalhar com Robótica Educacional é trabalhar numa espécie de “Laboratório” onde o sujeito é convidado a agir – refletir – agir incessantemente, pois é justamente através desse movimento de ação – reflexão – do sujeito sobre o objeto e sobre suas estruturas mentais que acontece a construção do conhecimento.

Para a abordagem baseada em Piaget a que se propõe, é importante ressaltar que aprendizagem e desenvolvimento não são conceitos equivalentes. O **desenvolvimento** segundo, Piaget (1972), é o processo espontâneo ligado à embriogênese e se relaciona com a totalidade das estruturas do conhecimento. Ele explica a aprendizagem, mas não é determinante para que ela aconteça. Portanto, é importante compreender que maturação do organismo é condição prévia, mas só ela não garante a aprendizagem, assim como só a experiência (física e/ou lógico-matemática) também não garante a aprendizagem. Pensar que um sujeito deve ter determinado comportamento somente porque já tem idade, ou porque foi

colocado em contato com materiais, como o de Robótica Educacional, é um equívoco freqüente em educação. Além da maturação e da experiência, a transmissão social e a equilíbrio também explicam o desenvolvimento das estruturas (PIAGET, 1972; PIAGET; INHELDER, 1999). Já a **aprendizagem**³⁵ é provocada por situações e é oposto ao espontâneo. A aprendizagem, para Piaget (1974), é uma adaptação que é a transformação produzida no sujeito ao assimilar e acomodar o conteúdo que acontece na ação. Para ocorrer aprendizagem significativa, é necessária uma assimilação que se prolongue em acomodação, pois aprender é construir estruturas através do processo de Abstração Reflexionante. Para Piaget e Gréco (1974), aprendizagem e **conhecimento** não são sinônimos. **Conhecer** é organizar, estruturar e explicar a partir da experiência. Vivência, para ele, não é sinônimo de conhecimento. Podemos ter uma experiência, vivenciar algo, mas nem por isso conhecemos o objeto. Conhecer, em epistemologia genética, é conceituar e inserir em uma estrutura.

A primeira vez em que me deparei com o kit LEGO Mindstorms®, por exemplo, já conhecia as peças, mas nunca tinha visto um sensor de luz ou um sensor de toque, por exemplo. Os meus esquemas de ação construídos anteriormente me possibilitavam a assimilação das informações do conhecimento físico daquele objeto através da Abstração Empírica. Eu já havia construído anteriormente esquemas de ação sobre o que seriam as peças LEGO® e como seria possível usá-las através de encaixes, porque já havia brincado muito com esse tipo de material, seja na minha infância, seja nas minhas aulas. Eu poderia dizer que o material era plástico, que eram peças LEGO®, que servia para encaixar, etc. Todos esses conceitos foram construídos por mim, anteriormente, através de abstrações reflexionantes. Portanto, reconhecer esse material só foi possível para mim porque eu havia construído estruturas cognitivas que possibilitavam a assimilação daquelas informações acerca das peças do kit de Robótica Educacional, caso contrário, eu teria que experimentar o material para conhecer suas possibilidades.

Partindo desses esquemas construídos através da minha ação física sobre o objeto (experiência física) e da minha ação mental (experiência lógico-matemática), fui capaz de assimilar as informações novas sobre a função de outras peças que foram apresentadas a mim na ocasião do primeiro contato com o kit de robótica. O nome de cada uma das outras peças e suas funções foram me dito por uma professora, pois esse conhecimento é uma construção social e não existe possibilidade de o sujeito “descobrir” sozinho. Eu poderia ter lido em um material impresso, como um livro ou uma apostila, mas não foi o caso. A professora me disse

³⁵ Ele diferencia aprendizagem *strictu sensu*, que é o resultado em função da experiência, e aprendizagem *latu sensu*, que é a união de aprendizagens.

o que era uma viga e qual a sua função na montagem, o que era um eixo, um diferencial, etc. Partindo do que eu já conhecia (peças LEGO® e seu funcionamento), assimilei o nome e a função de outras peças que a professora me disse e parti para a construção do meu primeiro protótipo em Robótica Educacional.

O ato de assimilar, não implica, necessariamente, acomodação (transformação no sujeito). Somente a assimilação não explica a aprendizagem, é necessário que o sujeito aja internamente e transforme suas estruturas cognitivas através da acomodação para que aconteça aprendizagem. É através da acomodação que o sujeito modifica suas estruturas cognitivas construindo o conhecimento em níveis cada vez mais superiores, como o movimento espiral. O fato de a professora ter me dito o nome de várias peças poderia ser esquecido por mim logo em seguida, caso eu não tivesse trabalhando com essa informação. Porém, logo depois de ter assimilado o nome e a função de algumas das peças que não conhecia, parti para a construção do meu primeiro robô e pude observar, através dessa construção, como elas funcionavam e se relacionavam. A possibilidade de estabelecer relações não foi “dada” pela professora, tão pouco seria possível transmiti-la, pois esse conhecimento é construído pelo sujeito através da sua ação mental por abstrações reflexionantes. A Abstração Reflexionante trabalha com informações não observáveis, que só são possíveis de existir através das operações mentais realizadas pelo sujeito nas suas estruturas cognitivas. Então, realizada a assimilação do conhecimento novo, foi necessário acomodar (modificar) as minhas estruturas mentais em função dele, para que, dessa forma, eu pudesse me organizar (internamente) e me adaptar (externamente) àquele “novo kit de peças LEGO®”.

É o Processo de Abstração, chamado por Piaget anteriormente de equilíbrio majorante, que explicará a construção das estruturas cognitivas do sujeito a partir da sua ação. A Abstração Empírica “fornece dados” para que o sujeito possa operar mentalmente. Essa operação mental faz com que o sujeito estabeleça uma série de relações através da Abstração Reflexionante. Essas relações não podem ser ensinadas em Robótica Educacional, tão pouco em qualquer outro “conteúdo”, o estabelecimento de relações depende exclusivamente da operação do sujeito sobre seus esquemas e estruturas.

Na medida em que se estabelecem relações entre o que se conhece sobre peças LEGO®, por exemplo, ou sobre qualquer outro tipo de peças, às informações novas um novo conhecimento será construído (ou reconstruído), em nível superior e mais abrangente que o anterior. Na medida em que esses conhecimentos se tornam conceitos, ou seja, passam pelo processo de Tomada de Consciência na Abstração Refletida, os conceitos sobre Robótica

Educacional se tornam estruturas. O processo de Tomada de Consciência não se resume a um esclarecimento para o sujeito. É através do processo de Tomada de Consciência que o conteúdo se transforma em conceito num movimento da periferia para o centro do sujeito e do objeto. O material de Robótica Educacional possibilita que o sujeito possa agir (fazer), mas não garante que ele possa conceituar (compreender), pois tudo dependerá da operação mental do sujeito.

Cada vez que o sujeito se depara com um problema novo em Robótica Educacional, tentará assimilá-lo partindo dos esquemas e estruturas (conceitos) que construiu ao longo da sua experiência com Robótica Educacional. Cada vez que dados novos são assimilados e transformados (acomodados) às estruturas mentais, o conhecimento em Robótica Educacional do sujeito vai sendo construído cada vez maior e mais abrangente.

Diante de um conflito cognitivo, o sujeito tenta primeiro estabelecer uma assimilação aos esquemas que possui. Caso encontre dificuldades para assimilar, surge uma situação de desequilíbrio, uma “lacuna” nas estruturas lógico-conceituais do sujeito. Para estabelecer um novo equilíbrio (mais completo com relação ao anterior), o sujeito realiza um novo esforço de assimilação, estabelecendo uma série de construções compensatórias (assimilações-acomodações) nas estruturas do pensamento.

Daqui decorre também o conceito de “erro construtivo” que, conforme a teoria da Epistemologia Genética, faz parte do processo de construção do conhecimento, uma vez que o sujeito pode fazer uma afirmação, ainda que equivocada, mas totalmente coerente com sua estrutura cognitiva e o estágio do desenvolvimento em que se encontra. O erro também pode estar ligado aos elementos da percepção, em distrações sobre um único elemento ou ilusões relativas a uma figura de conjunto. Em relação aos procedimentos, Piaget (1992) diz que um erro corrigido pode ser mais fecundo que um êxito imediato, porque a comparação da hipótese falsa e suas conseqüências proporciona novos conhecimentos, e a comparação entre erros dá lugar a novas idéias.

O ensino de Robótica Educacional, que se baseia na teoria de Piaget, também chamado de construtivismo, deve primar pela ação dos seus alunos. Ação de conhecer, experimentar objetos e de problematizar essa ação para que o sujeito possa desequilibrar suas estruturas internas, dessa forma, reconstruí-las em nível superior para que ocorra aprendizagem. Para que isso aconteça, é necessário que o nível de partida seja aquele em que o sujeito se encontra, pois algo muito além desse nível provocaria desinteresse, uma vez que não existem esquemas para assimilação.

4.3 A ABORDAGEM MICROGENÉTICA

Como visto até aqui, Piaget interessou-se por problemas de epistemologia e teorizou com base naquilo que considerou universal em qualquer sujeito, ou seja, as estruturas cognitivas. Bärbel Inhelder colaborou com Piaget em várias investigações sobre as grandes categorias do conhecimento, mas posteriormente focou seus estudos em como os sujeitos constroem individualmente, e por isso, de forma diferenciada, seus conhecimentos. Inhelder dedicou-se a investigar o percurso das descobertas da criança para resolver problemas, para tanto, se usou de uma análise pormenorizada da ação de indivíduos no momento em que resolvem determinadas situações, que se apresentam como problema, na busca de uma solução.

Podemos dizer que Piaget se ocupou em investigar mais as **macrogêneses**, ou seja, as grandes categorias (de espaço, tempo, causalidade, por exemplo), que explicam a aprendizagem do sujeito universal através das estruturas cognitivas. A psicologia genética de Piaget descreveu e fundamentou a epistemologia do sujeito cognoscente e as estruturas organizadoras de seus conhecimentos. As macrogêneses são as categorias fundamentais do conhecimento, sem as quais nenhuma adaptação à realidade e nenhum pensamento coerente seria possível. Assim, Piaget construiu sua teorização baseado em um **sujeito epistêmico**, ou seja, aquele sujeito que não é alguém específico, mas é generalizável em qualquer tempo ou espaço. Ainda que Piaget tenha se utilizado de uma abordagem mais estruturalista na maior parte das suas investigações, ele também realizou alguns trabalhos com ênfase na abordagem funcionalista, tal como “O Nascimento da Inteligência na Criança” (1975), quando analisou a inteligência sensório-motora, ou quando Piaget estudou os processos de equilíbrio majorante, que é um mecanismo da ordem do funcionamento psicológico.

Já Inhelder dedicou-se a investigar as **microgêneses**, que abarcam, além das estruturas cognitivas, também os procedimentos e os processos na aprendizagem. Por isso, a psicologia cognitiva do desenvolvimento de Inhelder enfatizou o exame dos procedimentos e dos processos individuais de cada sujeito na construção de estratégias de resolução de problemas. A análise microgenética é uma análise do “saber fazer” (*savoir-faire*) de cada sujeito na sua individualidade diante da resolução de problemas. Dessa maneira, Inhelder interessou-se pelo **sujeito psicológico**, ou seja, um sujeito único que pensa de maneira diferente de qualquer outro.

Ao tratar de aspectos estruturais da construção do conhecimento, o estudo das macrogêneses se interessa pela análise do sujeito epistêmico. Por outro lado, ao se deter nos processos individualizados pelos quais o sujeito se adapta à realidade, as microgêneses descrevem o sujeito psicológico individual. Estamos falando aqui de um único sujeito que reúne características gerais e individuais, ou seja, um sujeito que é epistemológico e psicológico ao mesmo tempo, pois tais divisões são válidas somente para fins de investigação científica. É sempre o sujeito, na sua globalidade, que é estudado. O que existe de comum é a idéia de um sujeito ativo, responsável pela construção do seu conhecimento, que é ao mesmo tempo universal e individual. Portanto, a análise categorial do sujeito epistêmico e a análise funcional do sujeito psicológico são complementares.

Para uma melhor compreensão, segue abaixo uma figura que busca esquematizar as abordagens macrogenéticas e microgenéticas da atividade cognitiva do sujeito:

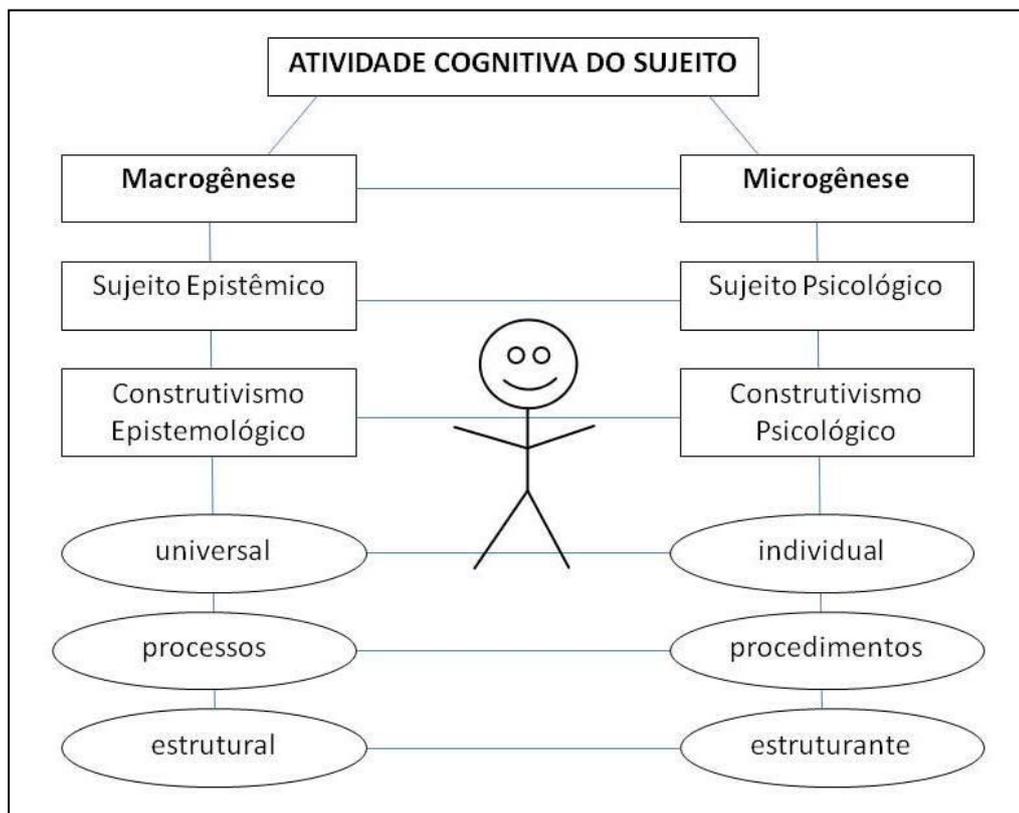


Figura 6: Representação sobre a atividade cognitiva do sujeito.

Fonte: Autoria própria

Então para a investigação das microgêneses cognitivas, seria importante focar nas **estruturas** ou nos **procedimentos**? Inhelder e Cellérier (1996) nos dirão que no estudo das microgêneses os dois são indissociáveis, pois, uma vez que a resolução de problemas é a ocasião para estudar processos funcionais, o interesse está em como o sujeito aplica seus

conhecimentos a contextos particulares, isto é, *como* aplica suas estruturas para assimilar problemas que encontra ao longo de sua atividade adaptativa. O “como” refere-se ao procedimento adotado pelo sujeito, mas, por outro lado, o procedimento sempre particular e individualizado dependerá das estruturas construídas ao longo da atividade cognitiva do indivíduo. Essas estruturas cognitivas do sujeito carregam um tanto de universalidade, pois possuem categorias de organização que são gerais, e um tanto de individualidade, pois são construídas de acordo com a ação diferenciada de cada indivíduo.

Baseado na epistemologia genética, podemos dizer que construir uma estrutura ou inventar um procedimento supõe a assimilação de dados aos esquemas e, conseqüentemente, uma atribuição de significações. Assim, as inovações de procedimentos contribuem para a formação de estruturas operatórias. Portanto, um procedimento pode ser concebido como uma possível estrutura depois de atualizações.

Piaget refere-se a esquemas para designar o caráter generalizável da ação, mas Inhelder e Cellérier (1996) enfocarão os esquemas como organizadores da conduta que não são observados, mas podem ser inferidos uma vez que, como nos disse Piaget, por ser o esquema um instrumento de assimilação, é ele que torna cognoscível os dados da experiência. Assim, o conceito de **esquemas** está sendo compreendido nessa investigação segundo Inhelder e Cellérier (1996, p. 16-17):

Há razões para pensar que um estudo dos funcionamentos cognitivos deve apoiar-se na elaboração do conceito e adquirir o sentido de um estudo das relações funcionais entre esquemas. Mas o esquema é uma unidade funcional ou estrutural? Não é raro falar, por exemplo, de esquemas nocionais ou presentativos (os schémas da psicologia cognitiva atual) para designar formas organizadas e específicas de conhecimento. Mas, mesmo nesse caso, o esquema é, ao mesmo tempo, organizante e organizado, e tem sentido de processo. É esse o sentido que reteremos, e um projeto de psicologia funcional se concretizará num estudo de processos funcionais ligados aos esquemas e suas interações.

Na última fase das obras de Piaget, quando seu interesse voltou-se para o estudo dos procedimentos, ele distinguiu dois sistemas complementares ligados à conduta: um sistema que visa compreender o conjunto de realidades físicas e lógico-matemáticas (sistema presentativo), e um sistema que serve para obter êxito em todos os domínios (sistema de procedimento). Além disso, diferenciou os Esquemas Presentativos e os Esquemas de Procedimento que atuam nesses sistemas de forma inter-relacionadas. A síntese entre Esquema Presentativo e Esquema de Procedimento origina um Esquema Operatório, ou seja, a síntese entre estrutura e procedimento resulta no esquema operatório.

O **Esquema Presentativo** representa as estruturas estáveis do sujeito individual, é endógeno, organizador e estruturante, além de se conservar em caso de composição. Os esquemas presentativos se organizam formando sistemas que servem para sermos bem sucedidos desde as ações mais elementares até a resolução de problemas mais abstratos. Já o **Esquema de Procedimento** está ligado aos processos individualizados dos sujeitos, é exógeno, e são meios orientados para um fim, pois possui mobilidade contínua. O sistema de procedimento visa compreender a realidade. Segundo Inhelder e Cellérier (1996), o esquema de procedimento representa as heurísticas do sujeito e elucidar essas heurísticas dos sujeitos parece ser de primordial importância para compreender os mecanismos da criatividade.

Alguns esquemas operatórios são mais acionados e usados do que outros na atividade cognitiva do sujeito e, por isso, estão mais disponíveis do que outros, assim, Inhelder e Cellérier (1996) chamam de **Esquemas Familiares** aqueles esquemas que são primeiramente acionados em vez de outros. Os esquemas familiares são as unidades cognitivas de procedimentos centrais para uma análise microgenética, pois, segundo Inhelder e Cellérier (1996), eles desempenham um papel organizador decisivo no conhecimento “privado”, ou seja, nas maneiras pelas quais o indivíduo utiliza seus conhecimentos diante de uma situação nova. Dizem Inhelder e Cellérier (1996, p. 31) acerca dos esquemas familiares:

O caráter “familiar” de um esquema não é dado, ele próprio deve ser constituído, e essa elaboração toma, antes de tudo, o sentido de uma apropriação de esquemas gerais pelo sujeito individual. Todo esquema familiar é um esquema individualizado. As particularidades das construções que dele resultam não são, talvez, o mais importante. Elas não poderiam significar que a psicologia que as reconhece consagra-se a uma descrição sem fim de construções particulares, de diversidade infinita. O importante é que o processo de formação é um processo de individualização dos conhecimentos. Podemos, pois, falar de um “tornar-se familiar” dos esquemas familiares que se realiza, principalmente, por uma apropriação individual dos esquemas gerais. Os esquemas só serão familiares se eu os reconhecer como sendo os meus esquemas.

Portanto, o esquema familiar deve ser concebido, ao mesmo tempo, como uma unidade epistêmica que atribui significação à situação, e como um instrumento heurístico responsável pela orientação e pelo controle da ação do sujeito. Numa resolução de problemas, o esquema familiar pode conduzir diretamente à solução ou fazer obstrução, por isso, o esquema familiar permite dar um “status” ao erro na conduta do sujeito.

Guardemo-nos, entretanto, de pensar que os esquemas familiares possam subsistir, à maneira de idéias pré-formadas, enquanto unidades epistêmicas e heurísticas constituídas e disponíveis para um sujeito que só teria de evocá-las ou aplicá-las diretamente. Frente a uma situação nova, um esquema é um “possível”, ao mesmo

tempo indeterminado, único e rico em virtualidades de atualizações (INHELDER; CELLÉRIER, 1996, p.30).

O estudo dos procedimentos cognitivos possibilita revelar a dinâmica da conduta do sujeito, ou seja, os fins, as escolhas dos meios, os controles, as heurísticas próprias ao sujeito que podem levar a um mesmo resultado através de caminhos diferentes. Assim podemos penetrar no funcionamento psicológico e separar as características gerais dos procedimentos ou encadeamentos finalizados e organizados da ação.

As microgêneses cognitivas, em psicologia genética, tratam das realizações práticas, isto é, descrevem a inteligência do sujeito em ação diante de um problema de conteúdo específico. Colocam em destaque as condutas cognitivas individualizadas e recuperam toda a subjetividade do sujeito ao descobrir meios para atingir fins direcionados. A microgênese atribui papel importante às finalidades e avaliações produzidas pelo sujeito, pois visualiza o sujeito com os fins a que se propõe e os valores que atribui uma vez que, investiga o sujeito enquanto constrói e utiliza individualmente seus conhecimentos.

Nesse sentido, os aspectos teleonômicos e axiológicos da conduta cognitiva de cada sujeito têm importância. Nas condutas cognitivas, a teleonomia é uma planificação de seqüências que se processam temporalmente em função de um fim, onde não é o fim que determina a conduta, mas a representação do fim. Os **aspectos teleonômicos** da conduta referem-se às intenções do sujeito e como ele procede a avaliações sobre suas ações e sobre os objetos, realizadas ao longo do processo de resolução de problemas, a fim de atingir um objetivo futuro. Esse objetivo não existe concretamente no futuro, mas é projetado em função da abertura de novos possíveis pelo sujeito (PIAGET, 1986).

Já os **aspectos axiológicos** referem-se à noção de valor atribuída na sua conduta cognitiva. Essas avaliações são individuais e se relacionam com o sentimento de necessidade construído pelo sujeito. Dessa forma, determinadas situações só podem ser assim, ou resolvidas de uma certa maneira e não de outro jeito. Referem-se a um controle prático que o sujeito exerce no curso de sua conduta para assegurar a pertinência de suas ações na busca do êxito. Esse controle prático pode ocorrer de duas maneiras: **Controle descendente** (*Top-down*), que assegura a coerência e um controle por confrontação e acomodação a uma realidade; e um **Controle ascendente** (*Bottom-up*), que são processos que alteram a direção dada às condutas. Essas podem ser guiadas seja por antecipações ou hipóteses, seja por observações feitas sobre os objetos. Os aspectos teleonômicos e os aspectos axiológicos da conduta de cada sujeito revelam o processo de individualização do conhecimento, ou seja, a maneira como ele é construído através das ações diferentes e individuais de cada sujeito.

Das teleonomias e axiologias do sujeito decorrem os **aspectos heurísticos** da conduta cognitiva. Esses aspectos referem-se às estratégias, sempre individuais, que o sujeito constrói levando em consideração seus objetivos, valores e toda a sua subjetividade. Os aspectos teleonômicos, axiológicos e heurísticos revelam o dinamismo microgenético da conduta cognitiva individual de cada sujeito.

No estudo das modificações ocorridas na construção de um esquema elementar com ênfase nas construções microgenéticas, Saada-Robert (1996) nos diz que o conhecimento ativado e ainda não atualizado pelo sujeito é um conhecimento difuso e esparso, e a construção microgenética tornará esse conhecimento preciso e unitário. Os mecanismos dessa passagem são as mudanças de significados dos esquemas práticos (de procedimento) ou conceituais (presentativos) utilizados. Portanto, um esquema será chamado de **rotina** quando ele for acionado devido à sua pertinência à situação. Um esquema será denominado de **primitiva** quando é delimitado como necessário em relação ao objetivo. Já o esquema será denominado **procedimento** quando é uma organização unificadora resultante da composição de diversas primitivas. Uma unidade de procedimento, enquanto bloco, poderá servir de rotina ou de primitiva em outro contexto. Diz a autora sobre a evolução do esquema “empilhar”, por exemplo:

[. . .] para que se transforme em rotina, o esquema “empilhar” deve destacar-se do conjunto de esquemas virtuais disponíveis, de acordo com a sua pertinência aos objetos (físicos ou mentais). Para tornar-se primitiva, a rotina “empilhar” deve destacar-se dentre as rotinas pertinentes, de acordo com a sua significação em relação ao objeto, como condição necessária à solução. Para torna-se um procedimento, a primitiva “empilhar” deve ser orientada rumo ao procedimento-tipo da situação (domínio do problema), através da diferenciação dos objetos específicos e de coordenação com as outras primitivas-chave da solução (SAADA-ROBERT, 1996, p..117-118).

No caso da construção de um esquema elementar, o controle exercido na escolha de uma rotina é o ascendente, já o controle exercido na primitiva é predominantemente o controle descendente.

Abaixo, uma representação que busca esquematizar o dinamismo do processo microgenético partindo da análise da conduta que se baseia em esquemas:

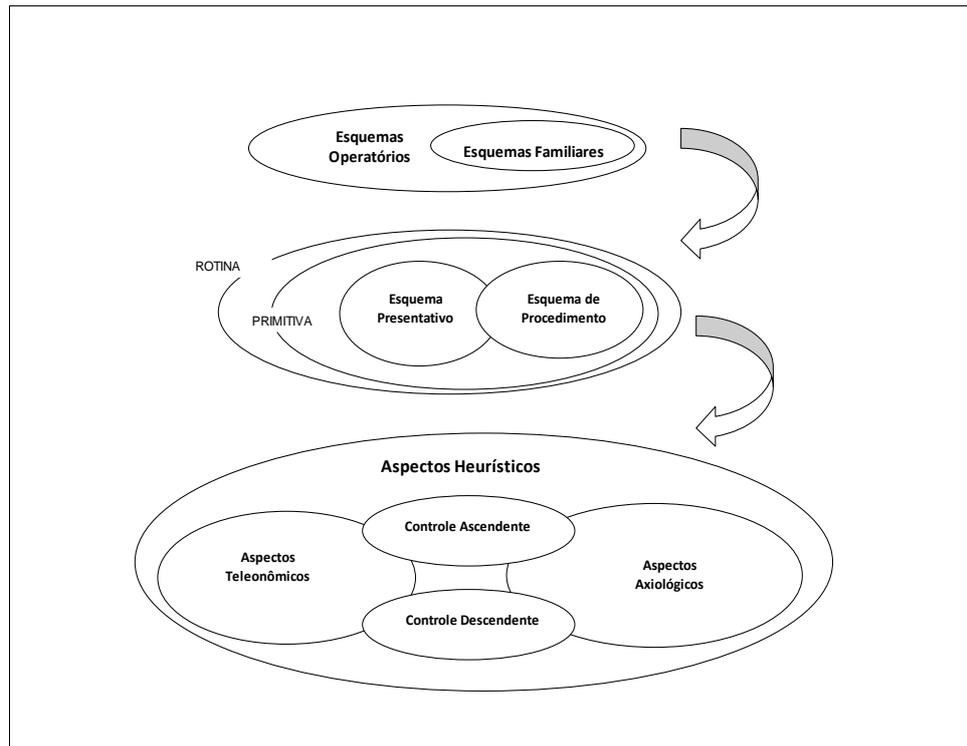


Figura 7: Representação do dinamismo microgenético baseado na análise esquemas.
Fonte: Autoria própria.

Inhelder e Cellérier (1996) nos dizem que uma interpretação baseada na análise dos esquemas não seria suficiente para uma abordagem microgenética, pois pareceu-lhes que corriam o risco de não apreender certos aspectos do funcionamento psicológico. Ao longo de uma resolução de problemas, o sujeito aplica e especifica os esquemas que tem como função organizar um conteúdo e atribuir significações, mas o sujeito também representa para si mesmo os fins e certas etapas da resolução. Portanto, a análise da resolução de problemas não poderia prescindir de uma análise das **representações** elaboradas pelos sujeitos, uma vez que elas constituem um nível do funcionamento psicológico.

Diz Piaget (1978b, p. 87), o seguinte, acerca do conceito de representação:

[. . .] emprega-se o termo “representação” em dois sentidos muito diferentes. Na sua acepção mais lata, a representação confunde-se com o pensamento, isto é, com toda a inteligência que já não se apóia simplesmente nas percepções e movimentos (inteligência sensório-motora) e sim num sistema de conceitos ou esquemas mentais. Na acepção estrita, ela reduz-se a imagem mental ou a recordação-imagem, isto é, à evocação simbólica das realidades ausentes. Aliás, é evidente que essas duas espécies de representações, latas e estritas, apresentam relações mutuas: o conceito é um esquema abstrato e a imagem um símbolo concreto mas, embora já não se reduza o pensamento a um sistema de imagens, poder-se-á admitir que todo o pensamento se faz acompanhar de imagens, portanto, se pensar consiste em interligar significações, a imagem será um “significante” e o conceito um significado.

Piaget, então, ressaltou que o conceito de “representação” pode possuir um significado de “pensamento”, no sentido *latu sensu*, e de imagem mental no sentido *strictu sensu*, na sua análise sobre a construção do símbolo pela criança (PIAGET, 1978b). Para Inhelder e Cellérier (1996) importarão o sentido *strictu sensu* do conceito, uma vez que, para a microgênese, a noção de representação comporta ainda dois aspectos complementares: a semioticidade e a possibilidade do sujeito refletir sobre os fins e os meios que ele se propõe. Esses dois aspectos definem a função essencialmente instrumental que a representação assume na conduta. Na análise microgenética, a semioticidade é abordada sob o ângulo de diferentes tratamentos permitidos pelos diversos modos de representação (gesto, imagem, linguagem). A representação do “como fazer”, em especial sob a forma de representações antecipadoras, mostra-se como um recurso ao qual o sujeito recorrerá para planejar as suas condutas. Os dois aspectos da representação são complementares e indissociáveis: concorrem para a formação de instrumentos cognitivos que se tornam, para o sujeito, *objetos para pensar com* (PAPERT, 1985).

Inhelder e Cellérier (1996) fazem ainda a distinção entre **representações integradas** e **representações móveis**. Tal distinção é esclarecedora na medida em que permite reconhecer que o “saber fazer” implica representações tanto quanto o “saber” e dividir as representações que funcionam no interior de um sistema único, conseqüentemente, restrito às representações móveis. As representações incidem, então, tanto sobre os caminhos a tomar quanto sobre os resultados que eles conduzem.

Portanto, o sujeito construirá modelos para organizar procedimentos por meio das representações e será através desses modelos criados pelo sujeito que se manifestará o aspecto axiológico das condutas cognitivas. Os modelos elaborados pelo sujeito desempenham certo papel, na medida em que garantem, ao mesmo tempo, a acomodação dos conhecimentos constituídos em função dos dados empíricos e a orientação dada às ações. Ao orientar a ação, os modelos exercem também uma função de avaliação, que determinam quais são as situações e as ações pertinentes, conseqüentemente, especificando a articulação dos meios e dos objetivos.

[. . .] somos levados a reconhecer o papel das representações no funcionamento psicológico, vendo nelas “**representações significantes**”, que servem para precisar e exprimir os significados atribuídos pelos esquemas aos elementos das situações, assim como as ações do sujeito. O sujeito elabora, pois, organizações de representações significantes que exercem um papel central no planejamento progressivo da resolução pelo sujeito inexperiente. É exatamente aí que parece residir o principal papel funcional dos modelos do sujeito (INHELDER; CELLÉRIER, 1996, p.37).

Assim como os esquemas familiares, as representações poderão auxiliar o sujeito na resolução de um problema, mas poderá também dificultar, ou até impedir a resolução de um problema no desenrolar de um procedimento.

Abaixo, uma representação que busca esquematizar o conceito de representação para uma melhor compreensão:

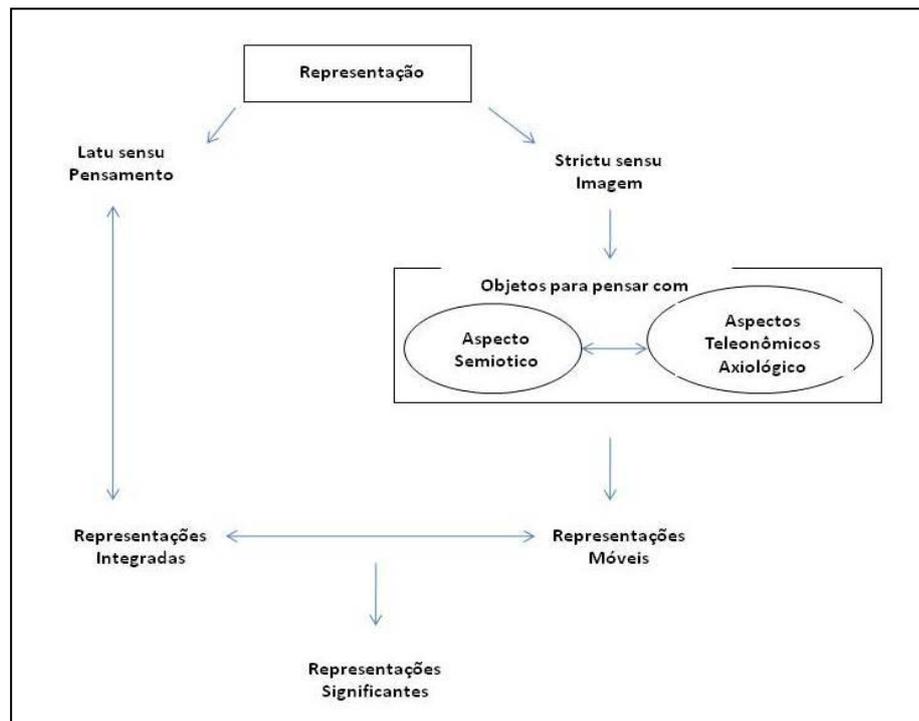


Figura 8: Esquema acerca do conceito de Representação.

Fonte: Autoria própria.

Na investigação microgenética, não se trata de estudar a aprendizagem das estruturas cognitivas, mas de definir um método que permita compreender melhor a dinâmica do progresso macrogenético através da construção de estratégias cognitivas apoiado em análises finas das condutas efetivas das crianças. Inhelder e Cellérier (1996) realizaram alterações no método clínico piagetiano para investigar as microgêneses cognitivas. O método utilizado por eles também é baseado na proposição da resolução de um problema, que desencadeie um processo longo, o qual é gravado em vídeo para posterior análise com poucos questionamentos por parte do pesquisador com intuito de não interferir no procedimento de resolução do sujeito psicológico. No método piagetiano, o experimentador constantemente lança perguntas e verifica hipóteses no diálogo vivo com o sujeito, mas nas novas pesquisas o experimentador dá a tarefa e abstém-se de intervir, porém deve estar bem mais atento à observação dos comportamentos do sujeito.

5 METODOLOGIA

A **abordagem** escolhida para esta investigação é a pesquisa qualitativa, que busca obter dados descritivos através do contato direto do pesquisador com o objeto de estudo. A escolha por esse tipo de abordagem justifica-se na medida em que somente ela possibilita a análise do processo cognitivo envolvido na resolução de problemas proposta para essa investigação.

Uma abordagem qualitativa na **perspectiva** do estudo de caso, tendo como referência os estudos de Inhelder e Cellérier (1996), buscará analisar o progresso cognitivo macrogenético apoiado em análises detalhadas das condutas do sujeito, pois elas evidenciam características do processo interativo entre sujeito e objeto. A investigação das microgêneses cognitivas põe em evidência os processos funcionais da cognição que intervêm quando o sujeito aplica seus conhecimentos a contextos particulares. Mais do que as formas que o raciocínio pode tomar nas diferentes fases do desenvolvimento cognitivo, os estudos sobre a dimensão local da atividade cognitiva do sujeito podem ser úteis à educação, destacando as etapas de compreensão de um conhecimento realizadas pelo sujeito, detalhando as hipóteses, avanços, retrocessos, enfim, o desenrolar das descobertas do sujeito.

Segundo Lüdke e André (1986), a pesquisa qualitativa possui características básicas, tais como: o ambiente natural como sua fonte direta de dados, e o pesquisador como seu principal instrumento. Os dados coletados são predominantemente descritivos, a preocupação com o processo é muito maior do que com o produto, o “significado” dado às coisas é foco de atenção especial pelo pesquisador e a análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Por isso, dizem os autores:

Não há, portanto, possibilidade de se estabelecer uma separação nítida e asséptica entre o pesquisador e o que ele estuda e também os resultados do que ele estuda. Ele não se abriga, como se queria anteriormente, em uma posição de neutralidade científica, pois está implicado necessariamente nos fenômenos que conhece e nas conseqüências desse conhecimento que ajudou a estabelecer (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 5).

A perspectiva do estudo de caso é, segundo Yin (2005), uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Tal perspectiva foi escolhida, pois buscarei analisar, individualmente, o processo

cognitivo de sujeitos resolvendo problema de Robótica Educacional. Cada indivíduo será um caso a ser analisado, ou seja, uma unidade dentro de um sistema mais amplo, que poderá apresentar semelhanças e/ou diferenças. O estudo de caso pode ser generalizável, conforme Yin (2005), a proposições teóricas e não a populações e universos. Nesse sentido, o estudo tem como objetivo expandir e generalizar teorias (generalização analítica) e não enumerar frequências (generalização estatística).

Segundo Saada-Robert (1996, p. 112-113), o estudo de caso é indispensável para a reconstituição da microgênese das representações por, pelo menos, três razões complementares:

- 1) O funcionamento dos conhecimentos apóia-se em processos qualitativos que somente uma análise aprofundada e detalhada, que vá até a “intimidade” das condutas que se estão desenrolando, permite reconstituir;
- 2) O desenrolar da resolução (projeto, meios, solução) forma uma totalidade indivisível sempre que se busca sua coerência interna (ao contrário do que ocorre em uma análise intersubjetiva, quando destacamos certas condutas marcantes);
- 3) O desenrolar da resolução supõe uma análise temporal dos dados, que se baseia em indícios observáveis a um tempo sincrônicos (conjunto de indícios pertinentes a um momento T) e diacrônico (um mesmo indício – verbalização, mímica, gesto, ação, etc. - tomado em diferentes momentos da resolução). O estudo de caso permite colher esse tipo de dados.

O **experimento** utilizado na pesquisa é chamado de “problema”, mas não serão utilizadas as metodologias de resolução de problemas como aquelas empregadas no estudo da matemática³⁶ e na aprendizagem, por exemplo, da medicina³⁷. A resolução de problemas é entendida aqui como um momento privilegiado para estudar processos cognitivos funcionais, ou como diz Inhelder e Cellérier (1996, p. 7):

[. . .] nosso propósito não é estudar a resolução de problemas em si mesma, considerando-a como a forma por excelência da inteligência humana, ou como uma

³⁶ Na matemática, destaca-se a abordagem de Pólya para resolução de problemas. Segundo Pozo (1998), George Pólya (1887-1985) foi um matemático húngaro que trabalhou numa grande variedade de tópicos matemáticos, que incluíam séries, teoria dos números, combinatória, e teoria das probabilidades. Entre suas produções, tentou caracterizar o modo como se resolvia problemas de matemática e tentou descrever como devia ser ensinada a resolução de problemas. Os passos sugeridos pelo autor para a resolução de problemas em matemática são os seguintes: 1) Compreender o problema. 2) Conceber um plano encontrando conexão entre os dados e os desconhecidos. Considerar problemas auxiliares se uma ligação imediata não pode ser encontrada. 3) Realizar o plano. 4) Avaliar examinando a solução obtida.

³⁷ A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABPA), ou Problem Based Learning (PBL), é uma prática pedagógica empregada no ensino de medicina por se relacionar com a investigação do quadro clínico de pacientes. A metodologia foi implantada no final da década de 1960, na Universidade de McMaster, no Canadá, e depois, na Universidade de Maastricht, na Holanda. No Brasil, a Faculdade de Medicina de Marília (FAMENA) iniciou seu currículo baseado em ABP em 1997 e, posteriormente, a Universidade Estadual de Londrina (UEL) também modificou seu currículo em 1998, incluindo a ABP como metodologia de trabalho na graduação em medicina.

classe de condutas cognitivas ausente na psicologia genética piagetiana. A resolução de problemas é, para nós, uma ocasião para estudar os processos funcionais que intervêm quando o sujeito aplica seus conhecimentos a contextos particulares, isto é, quando aplica suas estruturas à assimilação dos “universos de problemas” que encontra no curso de sua atividade adaptativa.

Então, o tipo de experimento, ou “problema” que serve para o estudo de microgêneses cognitivas, segundo Inhelder e Cellérier (1996), deve atender a alguns requisitos para que o processo de resolução se desenrole, permitindo a análise microgenética. O problema deve desencadear um processo longo para análise, deve apresentar-se como um verdadeiro “problema” a ser resolvido pelo sujeito, deve favorecer atividades cognitivas e seu exercício deve apelar à imaginação e à inventividade do sujeito que deve experimentar a necessidade de triunfar. Os experimentos devem ser situações ricas e abertas, e o sujeito deve decidir como atuar. Não há especificidade de situações escolhidas para a investigação, mas outra maneira de fazer em relação ao método clínico piagetiano. Para escolher o “problema” mais adequado para o sujeito, devemos ter como base os estudos da macrogênese e escolher sujeitos que possam compreender a tarefa sem resolvê-la imediatamente. Um bom problema não deverá ser demasiado fácil para o sujeito, pois neste caso o planejamento para resolução já estaria constituído desde o princípio, nem demasiado difícil, porque neste caso o sujeito não distinguirá “qual é afinal o problema”, e será impossível acompanhar a evolução da maneira pela qual ele elabora suas representações da situação. O sujeito deverá também dispor de referências, ou esquemas presentativos, para situar os elementos necessários para a solução do problema. Para resolver um problema, segundo Inhelder e Cellérier (1996), o sujeito sempre parte das suas estruturas estáveis construídas anteriormente em direção à exploração do meio, utilizando seus esquemas de procedimento.

A atitude do **experimentador** baseada na metodologia proposta por Inhelder e Cellérier (1996), é a de um observador durante o curso da resolução do problema, pois ele dá a tarefa ao sujeito, deixa-o livre e abstém-se de intervir ativamente, mas deve estar muito mais atento à observação dos comportamentos, tais como expressões faciais, balbucios, respiração, gestos e mímicas que acompanham os processos de resolução de problemas. É necessário intervir pouco para que o sujeito fique livre para atualizar os esquemas que lhe pareçam adequados para a situação.

A **coleta de dados**, na abordagem qualitativa baseada na metodologia proposta por Inhelder e Cellérier (1996), é realizada através de gravação em vídeo para que possa ser retomada tantas as vezes quanto forem necessárias, pois só progressivamente poderemos identificar recortes que o sujeito faz para revelar seus procedimentos ou encadeamento de

ações. Além disso, gravando em vídeo pode-se retomar a análise revendo o desempenho do sujeito, pois a visualização repetida torna a descrição mais precisa. Uma vez que existe inferência na análise, como dito anteriormente, pois toda leitura é uma interpretação, a gravação em vídeo permite também que outros pesquisadores possam observar e discutir as condutas observadas e as conclusões acerca delas.

O experimento consiste em levar um carro construído com peças LEGO®, “com problemas mecânicos” até uma oficina mecânica, representada por uma casa construída também com peças LEGO®, localizada sobre um espaço plano chamado de “mesa” a cerca de um metro e meio de distância.



Figura 9: Carro “com problemas mecânicos” e Casa-Oficina.
Fonte: Arquivo pessoal

Será solicitada ao sujeito uma previsão da construção do objeto com o objetivo de verificar os esquemas construídos anteriormente pelo sujeito. Dessa forma, a pesquisadora solicitará que o sujeito conte para ela como está imaginando o objeto que irá levar o carro até a oficina.

O diálogo se processará aproximadamente da seguinte forma:

- 1) *Vamos imaginar que este carro teve problemas mecânicos em uma estrada. O mecânico não pode consertar no local e precisa levar o carro até a sua oficina. Agora tu vais construir e programar um objeto para levar o carro até a oficina.*
- 2) *Como tu pensas que pode ser esse objeto?*
- 3) *Quais peças tu usarias para construir esse objeto?*
- 4) *Podes desenhar esse objeto?*
- 5) *Agora constrói esse objeto.*

Depois da orientação inicial, nenhuma outra orientação deverá ser emitida pela pesquisadora. O registro será realizado através de gravação em vídeo para que a análise do

procedimento possa ser realizada minuciosamente, assim como recomenda Inhelder e Cellérier (1996) na metodologia de investigação de procedimentos.

5.1 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA

A escola onde se realizará a investigação é uma escola pública municipal localizada na Zona Leste de Porto Alegre/RS, no limite com a cidade de Viamão/RS. Está localizada no Bairro Lomba do Pinheiro, que é um dos setenta e nove bairros oficiais da cidade de Porto Alegre. Foi criado pela Lei nº 7954 de 8 de Janeiro de 1997 e a população, segundo o censo de 2000 (IBGE, 2000), é de 30.388 habitantes. O rendimento médio mensal dos responsáveis pelo domicílio, ainda segundo o censo de 2000 (IBGE, 2000), é de 2,92 salários mínimos mensais. O bairro apresenta áreas densamente povoadas e áreas verdes de preservação ecológica. Atualmente, a Lomba do Pinheiro é formada por mais de trinta vilas, entre elas a Vila Mapa I e II, onde está inserida a escola³⁸.

A Unidade Escolar de Ensino Primário que deu origem à escola foi criada pelo decreto nº 1885/59, em 26 de novembro de 1959. Depois de algumas mudanças na localização e no espaço físico, a escola assumiu a configuração atual. A escola atende mais de 1.300 alunos nos três turnos de aula e conta com um quadro de 92 professores. Possui projetos que atende alunos e comunidade no turno inverso ao da escola, tais como: projetos de música,, Projeto Contadores de Histórias, Laboratório de Inteligência do Ambiente Urbano (LIAU) e Projeto de Robótica Educacional.

O Projeto de Robótica Educacional acontece no turno da tarde desde o ano de 2007. O projeto atende alunos de B30 (6º ano do Ensino Fundamental) até C30 (9º ano do Ensino Fundamental) do turno da manhã, que são convidados a participar do projeto no turno da tarde. O projeto funciona em dois turnos na semana, atendendo a três grupos: um grupo misto de 12 alunos(as) de B30-C30 na segunda-feira, outro grupo misto de 12 alunos(as) de B30-C30 na terça-feira e um grupo de 10 alunos(as), também de B30-C30, que compõe a Equipe de Robótica da escola. O total de alunos atendidos pelo projeto é de 34 estudantes.

³⁸ Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/spm/default.php?pg=5&p_secao=131>. Acesso em: agosto de 2009.

Os alunos do Projeto de Robótica são os chamados “alunos novos”, ou seja, alunos que entraram durante o ano letivo corrente no Projeto de Robótica. Trabalham em grupos de três integrantes com um kit LEGO Mindstorms® 9793 e computadores para programação. A duração da aula é de 2h30min e divide-se em montagem, programação, resolução de problemas decorrentes da montagem e programação, desmontagem e reorganização do kit. Os alunos não levam os protótipos montados nas aulas para casa. A comunidade pode acompanhar o trabalho realizado pelo Projeto de Robótica em apresentações como Feira de Ciências, Entrega de Avaliações e Campeonatos.

Os alunos da Equipe de Robótica são os alunos que estão freqüentando as aulas há mais tempo, trabalham em um único grupo onde as tarefas são divididas de acordo com o trabalho a ser realizado. O material utilizado pela equipe é o kit LEGO Mindstorms® 9793 com RCX, ou Mindstorms com NXT, e computadores para programação. Alguns alunos da equipe participam das aulas de robótica desde 2007 e outros alunos foram integrados ao longo dos anos, de acordo com seu desempenho nas aulas do Projeto. O grupo já participou de vários campeonatos e apresentações para a comunidade. Alguns alunos que participam da equipe realizam também um trabalho de monitoria com o grupo das aulas no primeiro momento da tarde, e depois realizam atividades de montagem e aperfeiçoamento de protótipos para campeonatos e apresentações.

Serão investigados seis sujeitos que participam do Projeto de Robótica Educacional no turno inverso ao da escola. O convite será lançado aos alunos da equipe por possuírem experiência com o material, sendo requisito para essa investigação. O experimento será realizado com aqueles que aceitarem participar da pesquisa, bem como forem autorizados pelos responsáveis mediante assinatura de termo de participação livre e esclarecido (APÊNDICE C e D). Será solicitado que o aluno compareça em um dia específico para resolver o experimento individualmente. Será destinado o tempo de um turno de trabalho, fora das aulas de robótica, no período da tarde para cada aluno resolver o problema do experimento.

A opção por realizar a pesquisa com os sujeitos que fazem parte da Equipe de Robótica justifica-se uma vez que são eles que possuem um pouco mais de experiência com o material e, portanto, já construíram esquemas acerca do material, sendo esse requisito básico para a análise de procedimentos em microgênese.

5.2 “DESENHO” DA ANÁLISE DE DADOS

A análise baseada no estudo das microgêneses cognitivas de Inhelder e Cellérier (1996) procura assegurar uma comunhão de abordagem onde a análise categorial do sujeito epistêmico e a análise funcional do sujeito psicológico sejam igualmente legítimas e complementares, compartilhando com Piaget a idéia de um sujeito ativo e construtor que participa ativamente do conhecimento do universo e de si próprio. Mas como obter as mesmas classes e categorias quando se analisa condutas tão diferenciadas? Inhelder e Cellérier (1996) atentam para alguns tópicos de observação que foram tomados como referências para o desenho das categorias de análise dessa investigação.

Para a análise de estratégias cognitivas foi necessário focar nos “Novos Observáveis”³⁹, ou seja, as seqüências de ações e seus encadeamentos. Na análise da conduta, foi necessário dividi-la em seqüência de ações, que mostrou o encadeamento na busca de soluções para os problemas e as diferentes **etapas** da resolução. Através da observação das paradas, dos bloqueios, das explicitações verbais, etc, procedeu-se a uma divisão seqüencial dos comportamentos, na qual cada seqüência parcial foi marcada pela intervenção de um esquema em particular. Para isto, foi necessário observar atentamente através da gravação em vídeo e do software Transana® o desenrolar das ações e também as reações do sujeito inserido nesse processo de resolução de problemas.

De acordo com Inhelder e Cellérier (1996), o encadeamento das ações parece dar-se de acordo com as seguintes etapas: na primeira etapa, o sujeito realiza uma representação inicial do estado final desejado e suas ações fixam mais o objetivo a ser atingido do que os meios para resolução. Num segundo momento, a representação inicial dá lugar a ações diferenciadas em função das propriedades dos elementos. Por fim, observando os resultados das suas ações, o sujeito toma consciência modificando o rumo das ações seguintes. A cada etapa da resolução, as representações e as ações interagem, permitindo refinamentos. Estudamos, assim, as adaptações sucessivas dos esquemas do sujeito e os esboços de controle na criação de meios necessários para a realização da tarefa.

³⁹ São “novos Observáveis” em relação às categorias de análise do Método Clínico Piagetiano. Os novos observáveis são gerais em todos os sujeitos, os conteúdos, estruturas acionadas, é que são individuais.

- **Elucidação das relações entre procedimentos de descoberta e sistemas de compreensão.**

Na busca da solução do problema, as ações dos sujeitos dividem-se em procedimentos visando a realização de um objetivo e à exploração dos meios em si mesmos. Foi necessário buscar a elucidação das relações entre estruturas e procedimentos, ou ainda, entre esquemas presentativos e de procedimento. Para isso, a atenção da pesquisadora esteve centrada não apenas nas seqüências de ações e encadeamentos, mas também na forma pela qual o sujeito reagiu aos resultados das suas manipulações, visando delimitar as propriedades do objeto e ações do sujeito. Segundo Inhelder e Cellérier (1996), as reações da criança, por ela interpretadas como um sucesso ou como um fracasso, parecem revelar a existência de “teorias em ação”, teorias que são construídas através da ação. A dinâmica da descoberta provém de uma espécie de alternância entre teorias em ação e explorações hesitantes, ou seja, entre sistemas de compreensão e **procedimentos de descoberta**.

- **Verificação da organização dos passos em direção ao objetivo pretendido.**

Segundo Inhelder e Cellérier (1996), ao representar para si a situação, o sujeito forma uma idéia do objetivo a atingir e elabora um primeiro plano de ação, que modifica em seguida, em função das contradições levantadas pela experiência. As condutas que apelam para recuos necessários no decorrer da ação, ou que consistem em deixar de lado elementos do material para uso posterior, são particularmente interessantes, pois permitem estudar a decomposição de um objetivo em subobjetivos, o que representa um aspecto central da atividade de procedimento na sua dimensão teleonômica. Ao decompor a resolução em etapas, algumas parecem ser contrárias à solução do problema.

Para resolver um problema, o sujeito deve dispor de um quadro de referências para situar os elementos necessários à resolução. Buscou-se estabelecer aquilo que o sujeito já sabia fazer daquilo que ele ainda seria capaz de descobrir, a fim de ir além dos seus próprios limites. Trata-se de examinar o que o sujeito utilizou para ter acesso a possibilidades de que ele não dispunha no princípio ou, em outras palavras, como ele se valeu do que sabia fazer para apreender aquilo que ainda não conhecia.

- **Verificação do planejamento no desenvolvimento de ações.**

Segundo Inhelder e Cellérier (1996), cada contexto requer que o sujeito especifique novamente os esquemas de que dispõe, reconstruindo-os parcialmente. Ocorre uma reestruturação dos esquemas segundo os obstáculos específicos de cada contexto. Além disso, a fim de assegurar a adequação, os conhecimentos constituídos a uma situação particular, a especificação esquemática decorre de um processo de atribuição de significados, que consiste simultaneamente em retraduzir as transformações permitidas pelo esquema em função dos obstáculos do contexto, e em reconhecer os dados suscetíveis a servir de suporte a essas transformações.

Para resolver um problema complexo, a criança, assim como o adulto, recorre a modelos ou referências. Seleciona um conjunto de objetos e de relações que considera pertinentes à situação e “fixa-os” (**centrações**), seja mentalmente, seja transcrevendo-os em um suporte externo, e interage com suas descrições (ou modelos), com o objetivo de melhor “ver” aquilo que procura, explorando assim seu próprio pensamento. Por isso, a investigação da representação acerca do problema elaborada pelo sujeito através da fala inicial e do desenho foi muito importante para a análise.

Segundo Inhelder e Cellérier (1996), o sujeito deve fazer ajustes mentais, imaginando as conseqüências de certas ações. O ajuste se dá sempre em relação a uma idéia diretriz que assegura um primeiro planejamento das ações, mas que é a seguir modificada a partir dos resultados destas ações. Esta idéia garante uma ligação entre a representação do objetivo e os procedimentos a efetuar. As sucessões rápidas permitem ao sujeito informar-se sobre o resultado de suas ações, julgar a sua adequação e fazer ajustes na aplicação dos esquemas. Durante a resolução de um problema, parece que o sujeito avalia constantemente a adequação de suas previsões e de suas manobras.

• Levantamento de hipóteses acerca dos processos que sustentam a orientação dos passos percorridos pelo sujeito e inferências relativas aos modelos subjacentes e sua organização funcional.

Depois da análise detalhada do procedimento de resolução do problema de cada sujeito envolvido na investigação com auxílio do software Transana® foi construído um diagrama que abarcasse as regularidades observadas nas condutas cognitivas desses sujeitos. Com base nesse diagrama foi elaborado um diagrama individual para cada um dos sujeitos investigados com o intuito de representar através desse esquema o caminho percorrido pelo sujeito na construção da sua estratégia cognitiva de resolução do problema. Por fim, os dados

foram reunidos em um quadro síntese que pode ser observado no final do capítulo da discussão dos resultados.

5.2.1 O Software de Análise Qualitativa Transana®

Para a análise dos dados dessa investigação será utilizado um software específico para análise qualitativa de dados, chamado Transana®. O programa foi criado por Chris Fassnacht, no Centro de Pesquisa Educacional da Universidade de Wisconsin, localizado em Madison/USA. Atualmente, é mantido e desenvolvido no mesmo centro por David K. Woods.

Transana® é um software direcionado a pesquisadores que desejam analisar materiais em vídeo digital ou áudio. Ele permite analisar e gerenciar dados através de transcrições, ligações entre transcrição e vídeo, produção de clips, atribuição de palavras-chave para clips, organização e reorganização dos cliques, criação de coleções de inter-clips, exploração das relações entre as palavras-chave, além de possibilitar o compartilhamento da análise com outras pessoas do grupo de pesquisa, se for o caso. Abaixo, a reprodução da interface do programa:

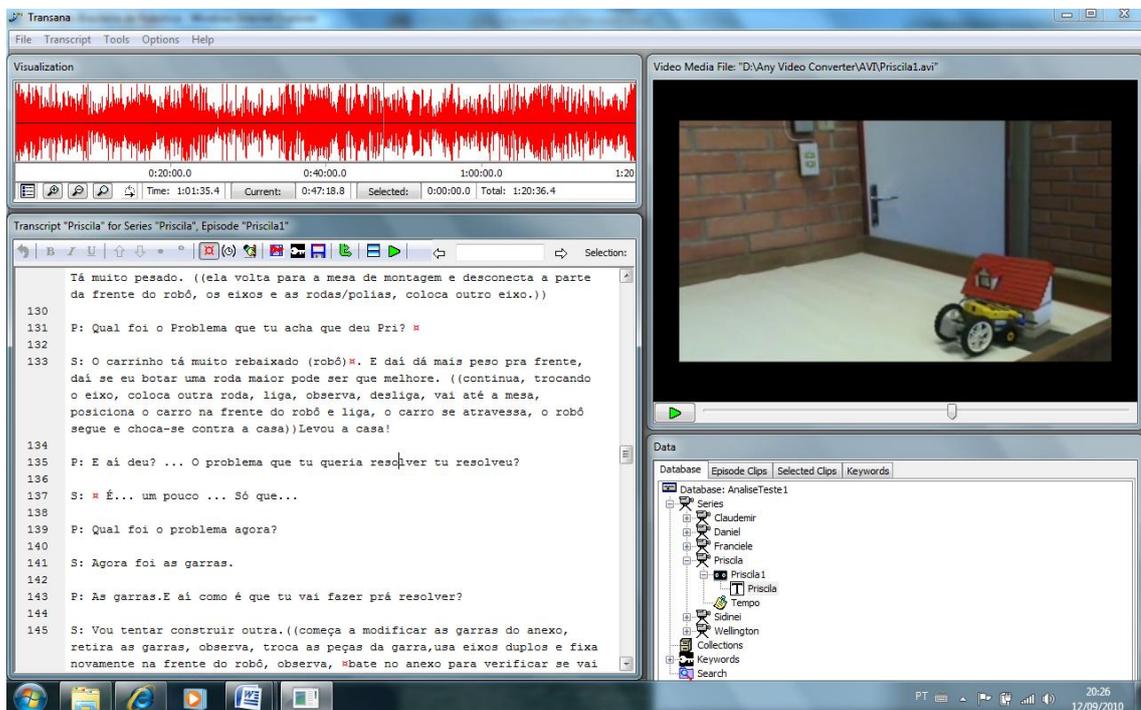


Figura 10: Interface do Software Transana®.

Fonte: Arquivo pessoal

Na Figura 10, podemos observar, à esquerda, a linha de representação das falas e o espaço que permite a transcrição das falas. À direita, podemos observar o vídeo e, logo abaixo, os dados que foram importados e trabalhados no programa.

O software pode ser adquirido através do site⁴⁰, sendo que a licença custa U\$ 65,00 na versão individual. Já a versão que possibilita a utilização por vários pesquisadores custa U\$ 500,00. Após a efetivação do pagamento por meio de cartão de crédito é disponibilizada uma senha através do e-mail que possibilita o download do software no site referido, depois disso, é necessário instalar o programa no computador e importar os dados para dentro do sistema.

Ao longo das transcrições reproduzidas na análise dessa dissertação, será possível encontrar códigos como na seguinte frase transcrita: “S3: *Eu não sei se dá mesmo prá construir sora.* ⌘<244831>”. Esses códigos referem-se a um recurso de marcação do Software Transana®, que pode ser inserido na transcrição que liga o momento exato do vídeo à transcrição. Ao ser clicado nesse marcador, na transcrição no software, ele aciona o momento do vídeo em que ela acontece. Optou-se por manter essas marcações nas transcrições, já que elas fazem parte da análise realizada pela pesquisadora.

⁴⁰ Disponível em: <<http://www.transana.org>>. Acesso em: março de 2010.

6 ANÁLISE DE DADOS

A seguir, apresenta-se uma análise detalhada do procedimento de resolução do problema de cada sujeito envolvido na investigação.

6.1 O CASO DO SUJEITO 1

- Idade: 13 anos 06 meses
- Tempo que frequenta as aulas de robótica: 6 meses
- Tempo total usado para solucionar o problema: 42 minutos

O **experimento**⁴¹ inicia com as instruções sendo lançadas pela pesquisadora para o sujeito, observa-se que, antes de concluí-las, o sujeito já construiu uma **representação**⁴² inicial para solucionar o problema, como podemos observar no extrato abaixo:

[. . .]

P: Bom, nós vamos fazer de conta que naquela casa lá funciona uma oficina.

SI: De carro?

P: Oficina de carro, esse carro aqui tava na estrada nessa estrada aqui e estragou só que ele estragou de um jeito que não tem como ele continuar andando. Ele tem que ser levado até a oficina prá ser consertado.

SI: ((sorri)) Ah já sei o que tem que fazer.

P: Tu tens que construir alguma coisa, um objeto, pra levar este carro até a oficina, ou seja, daqui que foi onde ele estragou, até a oficina que fica lá.

SI: ((concorda com a cabeça))

P: Como que tu imaginas que poderia ser esse objeto?

SI: Ah, um carro também né sora.

P: Um carro?

SI: ((Faz que sim com a cabeça))

P: Que tipo de carro?

SI: Igual ao Buggy sora.

[. . .]

Essa representação inicial direcionará as ações do sujeito na busca da solução do problema projetada no futuro. Tal representação, chamada pelo sujeito de “Buggy”, origina-se nas experiências de construções anteriores realizadas pelo sujeito nas aulas de robótica, pois o “Buggy” foi a primeira montagem que ele realizou nas aulas, com apoio da Revista ZOOM. O “Buggy” a que se refere o sujeito é reproduzido da Revista ZOOM abaixo:

⁴¹ O experimento foi descrito detalhadamente na página 64.

⁴² O conceito de representação mental foi desenvolvido na página 60.



Figura 11: Representação inicial da solução final elaborada pelo Sujeito 1.
Fonte: Zoom (2003).

Por ter ficado muito claro para a pesquisadora qual era a representação inicial do sujeito, não foi solicitado que fizesse o desenho⁴³. O sujeito parte então para a construção da sua solução para o problema. O procedimento de resolução do problema do Sujeito 1 pode ser dividido, numa **primeira etapa**⁴⁴, onde ele realiza uma **centração**⁴⁵ (C1) na montagem da base do robô. Acionando seus esquemas operatórios construídos ao longo das suas experiências com robótica, o sujeito elege um dos seus esquemas como o mais adequado para resolver o problema. O **esquema familiar**⁴⁶ do sujeito orienta a seqüência de ações para a montagem do robô. A representação inicial “Buggy” se traduz numa estratégia para a montagem do robô que auxilia o sujeito na resolução do problema, como podemos verificar no segmento abaixo:

[...]

SI: ((procura entre os conectores mais buchas e coloca em duas pontas dos eixos pega uma engrenagem α <345300>, desencaixa as vigas, coloca a engrenagem no eixo, coloca a bucha, encaixa o eixo, aperta, ajusta, coloca as buchas novamente na ponta dos eixos, ajusta, aperta, observa, α <410287> cobre as vigas com pranchas - para servir de base para o RCX - encaixa uma roda grande no eixo traseiro da base do carro, gira a roda, olha, retira a roda, ajusta novamente o eixo com a engrenagem e a bucha, recoloca a roda e depois a outra, testa α <529858> fazendo o carrinho andar prá lá e prá cá, coloca rodas pequenas no eixo dianteiro e testa novamente, pega um motor, pega outra engrenagem, encaixa no motor, encaixa na base tentando conectar com a engrenagem que estava no eixo, tira a engrenagem, pega outra e encaixa novamente no motor))

P: Por que tu trocou aquela engrenagem ali?

SI: ° Porque quero ver essa aqui ((encaixa novamente na base tentando fazer ligação com a outra engrenagem, mas a base arredondada do motor atrapalha, afasta um pouco a roda no eixo e tenta encaixar novamente, eleva o carro para encaixar e o objeto se desmonta com a pressão do encaixe, junta, encaixa novamente as pranchas da base de vigas e o motor na engrenagem testa α <652429>, testa, desencaixa o motor e procura uma prancha coloca uma prancha 1X1 na base de viga encaixa o motor, testa α <708884>, retira o motor novamente e procura novamente uma prancha coloca mais pranchas no mesmo lugar da viga))

[...]

⁴³ Na ocasião da conclusão da análise de dados a pesquisadora observou que deveria ter solicitado a representação escrita do sujeito uma vez que ela poderia detalhar, entre outras coisas, as peças que o sujeito imaginou para realizar a montagem.

⁴⁴ O conceito foi desenvolvido na página 69.

⁴⁵ O conceito de centração foi desenvolvido na página 71 .

⁴⁶ O conceito de Esquema Familiar foi desenvolvido na página 57.

A representação inicial “Buggy” funciona como um *objeto para pensar com*, e o esquema familiar de construção do objeto se divide num **esquema de procedimento**⁴⁷ focado inicialmente na base. É como se o sujeito focasse a base do objeto sem perder a idéia do “todo”. Observa-se que a ação do sujeito é orientada pelo esquema familiar, mas que o mesmo vai sendo atualizado através da sua ação para as especificidades do problema que se apresenta a ele. Essas atualizações no esquema podem ser observadas quando o sujeito realiza algumas trocas de peças para “testar” qual é a melhor, como no caso da engrenagem questionada pela pesquisadora no extrato anterior.

A conduta se desenrola até que o sujeito encontra dificuldade para encaixar o motor na base do robô. As peças escolhidas pelo sujeito para fixar o motor na base do robô não são suficientes para isso, pois cada vez que o sujeito testa o robô, a engrenagem não se conecta com a outra. Para resolver esse problema desencadeado pela ação, o sujeito realiza uma nova centração (C2), atuando através de **procedimentos de descoberta**⁴⁸, tentando *fazer falar o objeto*. Observa-se que o sujeito realiza uma série de tentativas para encaixar o motor na base, após passar pelo processo de **Tomada de Consciência**⁴⁹, acerca das causas do problema, como podemos verificar no excerto abaixo:

[...]

SI: ((encaixa novamente na base tentando fazer ligação com a outra engrenagem, mas a base arredondada do motor atrapalha, afasta um pouco a roda no eixo e tenta encaixar novamente, eleva o carro para encaixar e o objeto se desmonta com a pressão do encaixe, junta, encaixa novamente as pranchas da base de vigas e o motor na engrenagem testa \sphericalangle <652429>(0:10:52.4), testa, desencaixa o motor e procura uma prancha coloca uma prancha na base de viga encaixa o motor, testa \sphericalangle <708884>(0:11:48.9), retira o motor novamente e procura novamente uma prancha coloca mais pranchas no mesmo lugar da viga))

P: O que faltou ali?

SI: *Ãh? De três mas não tem ali. ((refere-se a uma prancha de IX3))*

((tenta encaixar novamente o motor, a base arredondada atrapalha, gira e tenta novamente, não consegue, eleva a base e tenta, também não consegue, tenta, retira o motor, \sphericalangle <770020>(0:12:50.0) tira a prancha e tenta encaixar o motor, não consegue, tira mais pranchas, e encaixa novamente o motor, agora o motor se fixa, observa \sphericalangle <790303>(0:13:10.3)))

P: Porque será que não encaixa ali?

SI: **Porque tá muito alto aqui.**

P: Tá muito alto aí?

((aperta, aperta novamente as conexões e testa))

SI: Encaixou sora.

P: Mas tu ia fazer um suporte ali né? Mas não deu, porque será que não deu ali?

SI: Por causa que tem isso aqui.

\sphericalangle <811462>(0:13:31.5)((desencaixa o motor e mostra a parte arredondada do motor))

P: *Ãhhhhhhhhhh.*

((encaixa novamente o motor na base e testa empurrando prá lá e prá cá, testa, coloca o RCX na base e aperta para encaixar, \sphericalangle <835552>(0:13:55.6) testa observando as engrenagens funcionarem, gira o robô testa, gira testa, testa, gira aperta \sphericalangle <860784>(0:14:20.8)))

[...]

⁴⁷ O conceito foi desenvolvido na página 57.

⁴⁸ O conceito foi desenvolvido na página 70.

⁴⁹ O conceito de Tomada de Consciência foi desenvolvido na página 46.

No segmento acima, podemos observar que o sujeito procede através de uma série de modificações na montagem depois de passar pelo processo de TC sobre as causas da não fixação do motor na base. O motivo do fracasso é atribuído à forma arredondada do motor, o que o sujeito chega a mostrar no objeto e a verbalizar para a pesquisadora. Observa-se também que o sujeito não está satisfeito com o resultado da fixação do motor e do controlador RCX na base, pois repete várias vezes o movimento de testar o robô, empurrando para frente e para trás com a mão e observando o funcionamento das engrenagens. Entre cada teste que realiza no robô, aperta com as mãos a montagem, fixando o RCX na base e aproximando as engrenagens, como podemos constatar na transcrição abaixo:

[. . .]

SI: ((testa prá lá e pra cá, gira testa, ajusta a roda no eixo, testa, ajusta a roda no eixo, testa novamente, observa o funcionamento da engrenagem, aperta os lábios, procura cabos, e pega um cabo curto)) Posso colocar em qualquer lugar?

P: Como tu preferir só tem que saber depois prá programar.

((conecta o cabo, testa novamente empurrando prá lá e prá cá observando as engrenagens, eleva o robô, observa, aperta o RCX na base, aperta, aperta, testa))

SI: Deu. <969906>(0:16:09.9)

P: Feito? Muito bem, agora a gente precisa programar o carrinho prá ele levar o carro estragado, como é que nós vamos chamar isso que tu construiu?

SI: Chamar?

P: É. Nós vamos chamar de que?

SI: De Guincho.

P: Guincho, muito bem, então nós vamos programar o guincho agora, prá levar o carro que tá com problemas mecânicos aqui até a oficina, certo?

((aperta mais uma vez o motor aproximando das engrenagens))

P: Então eu vou colocar aqui o Robolab. ((coloco o computador com a programação))

((<998599>(0:16:38.6) continua apertando o RCX na base, ele se solta da base, levanta o robô tenta encaixar novamente, aperta, aperta, solta, aperta, testa, gira o robô, baixa a cabeça e olha a engrenagem por baixo, ajusta as engrenagens, observa, testa prá lá e prá cá, testa, testa, eleva, aperta, testa))

[. . .]

Considero que no trecho destacado acima aconteceram dois problemas de condução do experimento pela pesquisadora. O primeiro, com relação à afirmação da pesquisadora: “*P: Como tu preferir só tem que saber depois prá programar.*” Essa afirmação poderia levar à indução do sujeito com relação a como fazer a programação, pois é necessário saber a porta que o cabo foi conectado para realizar a programação. E a segunda, com relação aos questionamentos: *P: Feito? Muito bem, agora a gente precisa programar o carrinho prá ele levar o carro estragado, como é que nós vamos chamar isso que tu construiu?* Aqui a pesquisadora também pode ter induzido o sujeito a proceder pela programação quando ele poderia ter pensado em outro passo seguinte que não esse, o que modifica fundamentalmente o desenrolar da conduta do sujeito. Atribuo esse problema na condução do experimento

devido à ansiedade e inexperiência da pesquisadora em aplicar o experimento, o que não se repetiu nos sujeitos que se seguiram.

Depois de 14 minutos de construção, o sujeito dá por encerrada a etapa da construção da base do objeto dizendo: *S1: Deu*. O procedimento de resolução do Sujeito 1 pode ser dividido numa **segunda etapa**, onde o sujeito centra-se (C3) na programação do robô. Observa-se que ele necessita fazer uma representação centrada do espaço que separa o carro da casa para programar o tempo necessário para chegar até a casa. O sujeito olha para o carro com problemas mecânicos e para a casa-oficina e faz uma estimativa do tempo a ser programado, baseado na sua experiência com robótica. Diz ele:

[...]

S1: ((olha em direção à casa)) Quantos segundos?

P: Pois é, quantos segundos será prá levar, daqui até lá?

S1: Uns 5, 6 eu acho. E se não der certo daí sora?

P: Não tem problema, tu podes fazer daí quantas vezes tu quiser fazer.

[...]

O sujeito aciona um esquema familiar para organizar a programação, baseado nos seus esquemas construídos anteriormente, abre o programa Robolab® na tela do computador e constrói a seguinte programação, reproduzida abaixo, através do software:



Figura 12: Primeira programação construída pelo Sujeito 1:

Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 6 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que o sujeito possui um sistema de compreensão acerca da programação em robótica e, por isso, se utiliza de um esquema de procedimento construído anteriormente na sua experiência. Dessa forma, quando inicia a programação, seleciona os ícones adequados e conclui em quatro minutos a programação. O sujeito transfere a programação para o RCX do robô através da torre de infravermelho. Em seguida, vai até o carro com problemas mecânicos, posiciona o robô na frente do carro a ser levado para a oficina.

Nesse momento, inicia uma **terceira etapa** da conduta do sujeito, onde o sujeito centra-se (C4) na construção do anexo (ligação entre o robô e o carro) para levar o carro até a casa. Observa-se que o sujeito já havia construído uma representação acerca da construção do anexo que levaria o carro até a oficina, pois posicionou o robô na frente do carro, de modo que poderia “puxar” o carro em vez de “empurrar” na direção da oficina. Entre os esquemas “puxar” e “empurrar”, o sujeito considerou necessário que o robô “puxasse” o carro tal como

acontece quando um carro é rebocado por outro. Observa-se que aqui o sujeito não possui um esquema de ação completo para solucionar o problema, pois observa várias vezes o robô na busca de uma solução, como podemos verificar no segmento abaixo:

[...]

SI: Não tem uma cordinha assim sora?

P: A única coisa que tem são as peças do kit. ((Mexe na caixa na parte onde tem correias, pega correias azuis, olha para o eixo do robô e para o carro, observa,

SI: Esse aqui não dá.((volta na caixa, pega mais correias e entrelaça uma na outra, observa o robô, tenta laçar o eixo com a correia, escapa, entrelaça, tenta novamente, laça o eixo do robô, <1499941>))

P: Que interessante esse nozinho que tu tá fazendo aí, aonde tu aprendeu a fazer?

SI: No escoteiro sora.

P: Ah, no escoteiro. Tu tá no escoteiro ainda?

SI: ((Faz que não com a cabeça, continua tentando laçar, consegue laçar o eixo do robô, pega outra correia azul e laça na anterior alongando, guarda as que estavam soltas sobre a mesa e observa o carro estragado, pára, aperta os lábios, pega o carro estragado, observa, procura um lugar onde encaixar a correia no carro estragado, tenta engatar a correia no pára-choque, mas a correia escapa, pega mais uma correia, agora amarela, e entrelaça também,<1605714>, ergue o carro para fixar a correia no pára-choque, consegue, posiciona os carros, o RCX desencaixa, aperta o RCX, encaixa))

[...]

O sujeito parte do que já conhece, pois solicita “cordinhas para amarrar”. Em seguida, seleciona as correias como a peça mais adequada para construir o anexo, depois faz um nó que aprendeu com os escoteiros para anexar o carro no robô. Observa-se aqui uma estratégia que foi sendo atualizada e construída na prática partindo de alguns conteúdos assimilados anteriormente: peças do tipo correias e nós de escoteiro. A partir daí, o sujeito constrói um procedimento revelando os **aspectos heurísticos**⁵⁰ da sua conduta. Depois de anexar o carro ao robô, o sujeito então liga o protótipo com a expectativa de que o robô se movimentasse na direção da casa, mas ele se movimenta na direção contrária. O sujeito demonstra certa surpresa, mas rapidamente desliga o robô e vai até o computador para modificar a programação.

A partir desse momento, as ações do sujeito se voltam para resolver uma série de problemas na montagem e na programação desencadeados a partir do primeiro teste. Essa série de problemas pode ser reunida numa **quarta etapa** do procedimento de resolução do problema que se estende até a solução final. A primeira contração da quarta etapa da resolução (C5) é realizada pelo sujeito na programação do robô. O sujeito verifica na prática sua hipótese, e depois do fracasso, procede invertendo o giro do motor, como podemos observar na reprodução da programação (Figura13):

⁵⁰ Os aspectos heurísticos da conduta foram desenvolvidos na página 59.



Figura 13: Segunda programação construída pelo Sujeito 1:
Início da programação / Motor A gira para a esquerda / Durante 6 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

A modificação da programação ocorre depois do processo de Tomada de Consciência acerca das causas do fracasso, ou seja, sobre a direção do giro do motor e a necessidade de substituir o ícone, como se observa na descrição abaixo:

[. . .]

SI: *Ué? Ah, eu botei invertido a programação sora.*

P: *O que que aconteceu com o carrinho?*

SI: *Ele deu a ré assim.*

P: *Ele deu a ré, então o que tu vai precisar fazer?*

SI: *Vou inverter ele.*

P: *Inverter o que?*

SI: *O motor, vou botá pro outro lado. ((inverte a programação fazendo o motor girar para o outro lado))*

[. . .]

O sujeito volta a testar o robô. Quando o sujeito liga o robô, agora com a programação alterada, a engrenagem não engrena e o robô não se movimenta. O sujeito diz: “SI: *Sabia que ia dá isso*”. O que confirma a hipótese da pesquisadora de que o sujeito não estava satisfeito com os encaixes das engrenagens e do motor, citada anteriormente. Ele então aperta a montagem para que as peças e as engrenagens se encaixem, liga o robô, agora ele se movimenta na direção da casa, mas se choca contra ela. O sujeito diz imediatamente: “SI: *Muito tempo sora*”. Observa-se que passou novamente pelo processo de TC e procede modificando a programação. Diminui o tempo do giro do motor para dois segundos e transfere a programação para o RCX do robô, testando em seguida. Quando o sujeito liga o robô, as engrenagens giram e não engrenam, ele observa o robô. Em seguida, decide modificar a montagem, substituindo algumas peças para fixar melhor o motor na base, como pode ser verificado no segmento que abaixo:

[. . .]

((liga e novamente e a engrenagem desencaixa, aperta posiciona, liga, novamente desencaixa, aperta, ajusta, desencaixa e encaixa o motor, liga novamente e novamente desencaixa))

SI: *Vou arrumar sora.*

P: *Tá bom.*

((tira o RCX, tira o motor, pega o extrator e retira as pranchas fixadas na base, coloca outras pranchas maiores, recoloca o motor, sem encaixar o RCX liga para testar as engrenagens, desliga, as correias enroscam no eixo, ele retira a conexão com o carro, liga novamente, com o robô erguido, observa o funcionamento, recoloca o RCX))

P: *Melhorou?*

SI: *Melhorou.*

P: *Como tu fez prá resolver?*

SI: *Eu botei uma prancha de quatro que é menor que essa aqui.*

P: Hummmmmmm.
[...]

O sujeito realiza uma centração (C6) no encaixe do motor retomando etapas anteriores e, acionando um esquema familiar, ele modifica o robô usando pranchas para a fixação do motor na base. Depois disso, testa novamente o robô. Ele posiciona, liga e o robô volta a se movimentar na direção contrária da casa. O sujeito já havia modificado a programação que estava correta, mas no momento em que ele recolocou o RCX na base, depois de arrumar o motor, ele inverteu a posição de conexão do cabo, o que fez com que a direção de giro do motor também se invertesse. O sujeito procede então erguendo o robô, liga e observa o funcionamento, sem compreender o que havia acontecido, como podemos verificar abaixo:

[...]
((liga e novamente o motor gira o inverso do desejado fazendo o robô com o carro dar ré))
S1: ((fala sozinho)) Ué, porque que ele tá andando prá trás? ((levanta as rodas e liga de novo, de novo gira para trás, pára e observa))
P: O que aconteceu?
S1: Não sei sora,
P: O que que ele tá fazendo agora?
S1: Tá andando prá trás de novo.
P: Andando prá trás de novo? O que poderia ter acontecido?
S1: ((pausa)) Acho que não passou a programação.
[...]

Como podemos observar, o sujeito não percebe que inverteu os cabos (talvez não soubesse dessa informação) e, por isso, pensa que a programação não foi transferida para o robô. Procede transferindo novamente a mesma programação. Testa o robô e ele ainda se movimenta na direção contrária à da casa. Ele modifica a programação mais uma vez, como podemos verificar na reprodução abaixo:



Figura 14: Quarta programação construída pelo Sujeito 1:
Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 2 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.
Fonte: Dados da pesquisa.

Depois da modificação na programação, ele transfere e testa, alcançando o êxito e dando por encerrada a resolução do problema, como podemos observar na transcrição abaixo:

[...]

*SI:((posiciona e liga o robô, ele corre para observar do outro lado perto da casa, o robô se movimenta e pára bem na frente da casa sem se chocar, olha para a pesquisadora e sorri, olha para o robô))
[...]*

Abaixo, a reprodução da solução final do Sujeito 1:

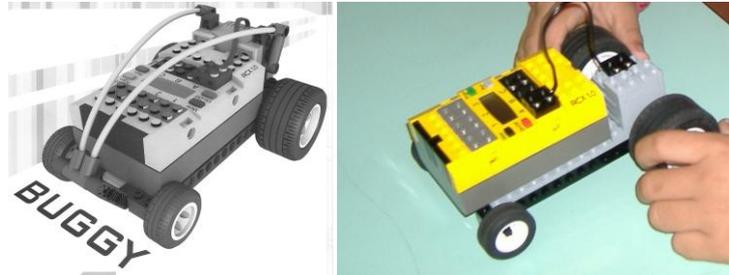


Figura 15: Representação inicial e solução final do problema construída pelo Sujeito 1.
Fonte: Dados da pesquisa.

A estratégia de resolução do problema, no caso do Sujeito 1, pode ser dividida em quatro etapas encadeadas. Depois de acionar a representação inicial “Buggy” para solucionar o problema, o sujeito realiza uma primeira centração (C1) na etapa um para construir a base do robô. Para resolver a centração na base, o sujeito aciona um esquema familiar. No desenrolar da sua conduta, ainda na etapa um, o motor não encaixa satisfatoriamente na base e o sujeito procede realizando uma centração (C2) no encaixe do motor. Ele testa peças através do procedimento de descoberta, até que obtém êxito. Na segunda etapa, o sujeito constrói uma representação acerca da distância que separa o carro com problemas mecânicos da casa-oficina e aciona um esquema familiar (C3) para construir a primeira programação. Na terceira etapa da resolução, o sujeito constrói (C4) um anexo no robô para levar o carro até a casa. Aqui, o sujeito se vale de esquemas construídos anteriormente que são atualizados na prática. Por fim, numa quarta etapa, marcada por testes no objeto construído, o sujeito realiza ainda duas centrações. Uma primeira centração (C5) da quarta etapa refere-se aos problemas apresentados na programação, onde o sujeito se vale do procedimento de descoberta para resolvê-lo. Uma segunda centração (C6) é realizada para resolver o problema do encaixe do motor na base quando o sujeito aciona um esquema familiar para finalizar sua estratégia de resolução.

A Figura 16 representa a tentativa de sistematizar o procedimento de resolução do problema do Sujeito 1:

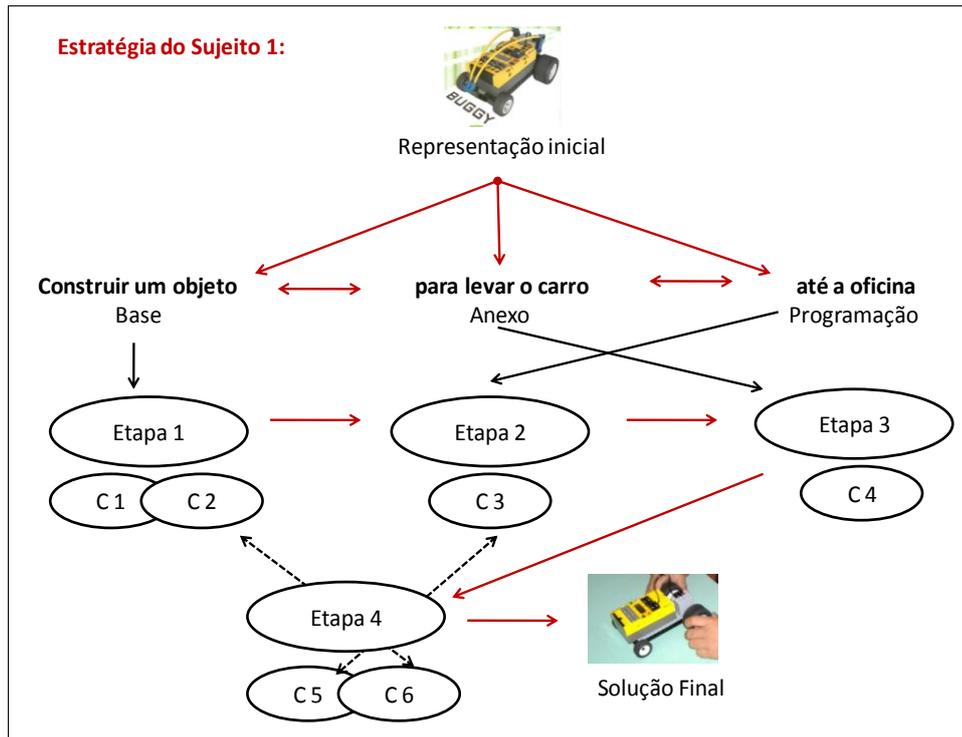


Figura 16: Esquema da estratégia de resolução elaborada pelo Sujeito 1. As setas inteiras representam a passagem para a etapa seguinte, já a seta pontilhada representa a retomada de etapas anteriores.

Fonte: Dados da pesquisa.

5.2 O CASO DO SUJEITO 2

- Idade: 13 anos 10 meses
- Tempo que frequenta as aulas de robótica: 10 meses
- Tempo total usado para solucionar o problema: 6h

O experimento foi iniciado com as instruções sendo lançadas ao sujeito. Observa-se que ele olha para o carro com problemas mecânicos e para a casa-oficina, enquanto escuta a pesquisadora falar. Em seguida, é solicitado que o sujeito descreva o objeto e as peças que pensou para a montagem e ele responde:

[...]

S2: *Deixa eu ver... ãaaaaa, é quadrado daí tem um encaixe nele e leva ele até a oficina.*

P: *É quadrado e encaixa nele, no carro?*

S2: *É, desce o coisinha quadrado e leva ele até aqui.*

P: *E leva até a oficina ahã. Muito bem. O que tu vai usar prá montar esse teu... essa coisa que tu pensou na tua cabeça, esse objeto.*

S2: *Áaaaaaaaaa, motor, o RCX e as peças que for preciso.*

[...]

Observa-se que o sujeito possui esquemas construídos anteriormente acerca do material, pois, baseado na sua representação inicial da solução final, ele descreve as peças necessárias para a construção do objeto. Essa representação inicial orientará as ações do sujeito e será o objetivo a ser perseguido pelo sujeito ao longo do seu procedimento de resolução do problema, mas se mostrará um empecilho para obter êxito, no caso do sujeito 2. Baseado na sua imagem mental, o sujeito realiza, a pedido da pesquisadora, um desenho (outro tipo de representação) do objeto que pensou para resolver o problema. A representação através do desenho deixa bastante evidente para a pesquisadora a imagem mental construída pelo sujeito:

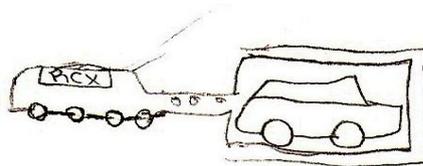


Figura 17: Representação inicial da solução final elaborada pelo Sujeito 2.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para alcançar esse objetivo projetado no futuro pelo sujeito, ele constrói sua estratégia de resolução. Essa projeção de objetivos futuros abarca a teleonomia da conduta do

sujeito. Ao longo do procedimento, o sujeito realizará centrações em problemas, ou subproblemas, que decorrerão da sua conduta sem perder esse objetivo inicial. O controle ascendente e descendente controlará a ação do sujeito na busca desse objetivo.

O procedimento de resolução do problema do sujeito 2 pode ser dividido numa **primeira etapa**, onde o sujeito parte para a construção da base do robô. Observa-se que o sujeito construiu anteriormente, nas aulas de robótica, um esquema de montagem para a base do robô que é acionado (C1), pois ele seleciona, entre todas as peças do kit, as vigas para iniciar a montagem. Caso não tivesse construído anteriormente esse esquema, agiria através de procedimentos de descoberta tentando *fazer falar o objeto*⁵¹. O esquema acionado como necessário à situação que se apresenta ao sujeito é o esquema familiar do sujeito que lhe possibilita assimilar as propriedades do objeto e realizar modificações ou acomodações no desenrolar da sua conduta. Depois de montar uma base com as vigas, ele mede o RCX e conecta dois motores nas vigas. Ao ser questionado sobre os motivos de colocar dois motores, o sujeito justifica, movimentando as mãos, que é “S2: (...) *um para cá e um prá lá.*”, ou seja, um para movimentar as rodas e outro para movimentar o anexo, como podemos observar no segmento abaixo:

[...]

P: *Porque tu escolheu botar dois motores?*

S2: ***Porque eu acho que tem que botar um prá cá e um prá lá.***

P: *Um prá cá e um prá lá o que? A roda?*

S2: *Não, o coisa que tem que botar aqui (faz com a mão o quadrado do anexo) e vai aqui e a roda também.*

[...]

Ainda que o sujeito esteja construindo a base do robô, a representação inicial elaborada pelo sujeito faz com que ele coloque um motor a mais para acionar o anexo que será montado na etapa seguinte. Tal conduta pode ser considerada um **aspecto teleonômico**⁵² da conduta do sujeito, uma vez que ele realiza uma previsão de etapas futuras. O esquema familiar faz com que o sujeito proceda selecionando as peças necessárias para a construção da base do robô e realize a montagem. O esquema familiar do sujeito abarca **os aspectos axiológicos**⁵³ da sua ação. Ao longo do procedimento, na primeira etapa, um novo problema relacionado à montagem do objeto acontecerá e exigirá uma nova centração (C2) por parte do sujeito. O problema, ou “subproblema”, refere-se ao encaixe das engrenagens que

⁵¹ *Fazer falar o objeto* é uma expressão de Inhelder e Cellérier que contempla os procedimentos de descoberta.

⁵² Os aspectos teleonômicos da conduta foram desenvolvidos na página 58.

⁵³ Os aspectos axiológicos da conduta foram desenvolvidos na página 58.

movimentam as rodas. O sujeito procede então através de ações exploratórias para encontrar o melhor tipo de roda para o robô e resolver o problema, como podemos constatar abaixo:

[...]

S2: *Atravessa um eixo para colocar rodas pequenas, coloca buchas em cada ponta do eixo, vira o carro, troca o eixo, coloca rodas pequenas na dianteira, tira as rodas, coloca buchas, troca as rodas dianteiras, troca as rodas traseiras por maiores, tira as rodas dianteiras novamente, por rodas mais largas, tira, troca por eixos mais compridos, recoloca as rodas, **guarda as peças** que sobraram, observa, aperta as buchas, **faz gesto com a mão de sobe e desce**, observa o kit, pega vigas*

[...]

No momento em que o sujeito “guarda as peças”, ainda que não tenha verbalizado nenhuma palavra, ele encerra a etapa um da construção da base do robô e encadeia a segunda etapa. A conduta do sujeito pode ser dividida, então, numa **segunda etapa**, onde o sujeito constrói um anexo para encaixar o carro com problemas mecânicos e levar até a casa-oficina. Enquanto observa a base do robô, o sujeito realiza uma centração (C3) na montagem do anexo. Essa centração é seguida por uma representação centrada no problema, ou “subproblema”. Tal representação faz parte da representação inicial elaborada pelo sujeito, mas é como se fosse uma aproximação focada na representação inicial. A representação fica evidente quando o sujeito faz o gesto com as mãos de “subir e descer” tal como o anexo que constrói posteriormente. Observa-se que o sujeito também havia construído um esquema que foi acionado como esquema familiar para a montagem do anexo, pois usou as peças do tipo vigas e eixos que já foram utilizadas em outras montagens por ele nas aulas de robótica com esse mesmo objetivo. Podemos verificar o procedimento guiado pelo esquema familiar na transcrição abaixo:

[...]

S2: *((pega vigas e pranchas e conecta para fazer o "quadrado" , vai conectando eixos com luvas fazendo um "T", procura peças, continua até fechar, o quadrado, procura peças.)) (...) ((procura, olha a montagem, procura, tenta colocar outra peça, procura <4068339> ((vai fechando a montagem do quadrado usa outras peças porque as luvas terminaram. Vai até a mesa para testar se o carrinho cabe dentro do quadrado, coube, troca novamente uma peça, **coloca a montagem de lado** e observa o carrinho, observa))*

[...]

No momento em que o sujeito repousa a montagem do anexo ao lado do robô e observa a base outra centração (C4) em um novo problema, acontece: como encaixar o anexo na base do robô de modo que se movimenta através das engrenagens? O sujeito parece não saber como fazer, pois observa a parte de baixo da base, gira a engrenagem do motor e tenta encaixar outra engrenagem com um eixo. A partir desse momento, observa-se os aspectos heurísticos da conduta do sujeito.

O sujeito construiu anteriormente que, para movimentar o anexo de forma que “suba e desça” como desejado, a engrenagem do anexo deve estar conectada com a engrenagem do

motor, mas o sujeito demonstra não saber como fazer isso. O sujeito procede realizando uma série de experimentações de peças que podem possibilitar essa conexão, mas o objeto resiste à assimilação, como podemos verificar no extrato abaixo:

[...]

S2: ((Vira o carrinho, observa por baixo, tenta encaixar uma engrenagem, olha, coloca, retira, empurra, gira as rodas, tenta encaixar a engrenagem, mede, observa ꞑ<4467566> olha o kit, observa ꞑ<4553854> mexe no kit, observa, mexe nas pranchas, observa, ꞑ<4761088> encaixa eixo na engrenagem, tenta encaixar nas engrenagens do motor, observa ꞑ<5011729> mede o eixo encostando nas engrenagens, tira as rodas traseiras com o eixo, recoloca colocando uma engrenagem no meio do eixo, suspira forte, resmungo))

S2: Acho que não vai dar certo. ((fala sozinho))

S2: ((Cruza os braços o observa ꞑ<5293127> cruza um eixo no meio das vigas, retira, passa as mãos no olhos ꞑ<5356008> retira o eixo, recoloca, puxa a peça e desencaixa, recoloca, observa ꞑ<5461523> retira o eixo, suspira forte, olha para a câmera, tenta encaixar novamente o eixo com a engrenagem. ꞑ<5617610> observa ꞑ<5692884> observa ꞑ<5740186> tenta encaixar o eixo com a engrenagem))

[...]

O sujeito possui alguns esquemas construídos anteriormente que precisam ser atualizados através da sua ação para se transformar em um esquema de procedimento. Dessa forma, o sujeito passa de um conhecimento difuso para um conhecimento mais preciso. O sujeito procede, então conectando o eixo com a engrenagem no motor e alongando esse eixo com luvas, mas o problema ainda não está resolvido, pois é necessário fixar o anexo nesse eixo. Nova centração (C5) é realizada, observa-se que o sujeito realiza novamente o movimento com as mãos, simulando o anexo que sobe e desce na ponta do eixo, tal como fez no início da etapa dois. Depois disso, observa-se que passou pelo processo de Tomada de Consciência da ação e modifica uma peça do anexo, pois, segundo ele, está muito “mole” e não permite que o mecanismo se eleve. Conecta algumas peças para fixar melhor o anexo no eixo, que possibilitará o movimento de subir e descer, e conecta ao anexo. Realiza um teste girando as engrenagens com as mãos e em seguida dá por encerrada essa etapa como podemos constatar na transcrição que segue:

[...]

((Pensa ꞑ<7400290>, tenta encaixar, simula com a mão o movimento de levantar e baixar do anexo, ꞑ<7562927> conecta a viga no eixo, retira o anexo, gira o eixo, o motor gira com a engrenagem, ouve-se o barulho, tenta conectar, move novamente o eixo, pega peça, mede, troca a peça, mede, observa, ꞑ<8225111> coloca conector no eixo, gira o eixo, pega o quadrado mede, observa, mexe no conector, olha para o quadrado e para a conexão, muda a conexão))

P: Porque teve que mudar essa peça aí * ?

S2: Prá ficá... prá não ficá mole assim.

P: Ah tava mole?

S2: Aí fica duro e sobe.

P: Uhã.

((observa o quadrado, conecta, bota no ar, observa, tenta conectar, abre novamente a montagem coloca um conector, tenta anexar ao carro, fixa ꞑ<8773290> retira, olha a conexão, gira o eixo, a engrenagem faz barulho, simula a subida com a mão, conecta o "aro" e simula a subida com a mão, mas não sobe a engrenagem faz muita força, continua subindo o quadrado com a mão observando as engrenagens, faz ajustes, aperta as peças, sobe e desce com as mãos o quadrado, tenta erguer o quadrado girando as engrenagens, ele permanece por

alguns segundos e desce (9472717), o anexo com a engrenagem cai(2:37:52.7) gira as engrenagens com as mãos fazendo o quadrado subir (9560036))

S2: *Deu sora.*

[...]

Na **terceira etapa** da sua conduta, o sujeito diz que é necessário “fazer a programação” do objeto e novamente guarda as peças que estão sobre a mesa, marcando o encerramento da etapa e o encadeamento da próxima etapa. Procede (C6) abrindo o programa Robolab® na tela do computador e seleciona os ícones que considera adequado para a programação, faz a ligação da programação e constata, através da flecha branca, que a programação está correta. Através dessa conduta, observa-se que o sujeito possui também um esquema familiar construído anteriormente sobre como fazer a programação. A programação construída pelo sujeito é a seguinte:

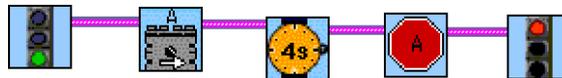


Figura 18: Primeira programação construída pelo Sujeito 2:

Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 4 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao concluir a seqüência de ícones e conectar a programação, o sujeito posiciona a torre de transmissão infravermelho no receptor do RCX para transferir a programação e clica em “enviar”, mas aparece uma informação de erro na tela. Ele clica novamente no comando de transferir a programação e novamente o erro aparece. Ele então aproxima a torre e transfere a programação e, novamente, o erro aparece. Ele muda o lado da torre de transmissão, mas nesse momento a pesquisadora interfere⁵⁴ dizendo: “P: É lá mesmo, tu esqueceu duma coisa.” Considero que aqui aconteceu uma interferência, por parte da pesquisadora, que não deveria ter ocorrido. Ainda que não altere fundamentalmente o rumo do procedimento do sujeito, como aconteceu com o Sujeito 1, tal intervenção levou o sujeito à Tomada de Consciência da sua ação, que prosseguiu ligando o RCX que estava desligado, portanto, não sabemos se a TC aconteceu em função da interferência da pesquisadora ou se aconteceria por conta da ação única do próprio sujeito.

A programação é então transferida para o robô, o sujeito coloca o robô no chão e liga na expectativa de que o robô se movimentasse, mas o robô não se movimenta. O sujeito observa o robô, levanta a montagem e olha por baixo da base, conferindo as engrenagens. Nesse momento, novamente a pesquisadora interfere dizendo: “P: Falta uma coisa de ligação

⁵⁴ Atribuo essa interferência da pesquisadora na conduta do experimento devido ao longo tempo que havia se passado desde o início do experimento, o que gerou certa ansiedade. Conforme o método proposto para a investigação das microgêneses cognitivas, essas interferências não deveriam ter acontecido.

ai.” Referindo-se à falta dos cabos de ligação. Novamente o sujeito passa pelo processo de TC da sua ação e procede dizendo: “S2: Ahhhhhhhhh, os fios... Me esqueci.” E coloca os cabos de ligação entre o RCX e os motores. Dessa conduta, podemos concluir que, ainda que o sujeito tenha uma esquema familiar de ação construído anteriormente que o ajudou a elaborar a programação no Robolab®, sua conduta demonstra que alguns procedimentos tais como: ligar o RCX para passar a programação e usar cabos para conectar o RCX e os motores eram informações assimiladas por ele e que foram acomodadas durante a ação.

Depois de colocar os cabos de ligação, o sujeito posiciona o robô com o carro no meio do anexo e liga fazendo com que o robô se movimente até se chocar contra os limites da mesa. Ele então desliga e pega o robô dizendo “S2: Tem que diminuir o ...” conclui-se que refere-se ao tempo. Volta para o computador e modifica a programação, diminuindo o tempo de giro do motor de quatro para um segundo.



Figura 19: Segunda programação construída pelo Sujeito 2:
Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 1 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

O tempo do giro do motor estimado pelo sujeito também é uma representação elaborada por ele. Tal representação consiste em partir das abstrações empíricas, ou seja, distância que separa o carro e da casa, e chegar a abstrações reflexionantes, ou seja, concluindo o tempo que o motor deve girar para que o robô alcance a casa. Tal conhecimento também foi construído anteriormente pelo sujeito, de forma que ele sabe que não poderia colocar 10 ou 20 segundos de giro do motor para alcançar a casa, mas algo entre 1 ou 4 segundos.

O sujeito então coloca o robô no chão, liga e ele se movimenta, depois coloca o robô encaixado no carro com problemas mecânicos, liga e o robô anda até uma parte da distância e pára sem alcançar a casa-oficina. O sujeito pega o robô e diz: “S2: Vou programar no 3.”, referindo-se ao tempo de giro do motor. Volta novamente no computador e modifica a programação, aumentando o tempo para 3 segundos. O sujeito transfere a programação e leva o robô até onde está o carro com problemas mecânicos, encaixa o carro no robô, liga o robô e ele se movimenta, levando o carro em direção à casa, mas o encaixe é muito grande, possibilitando que o carro se atravesse impedindo o movimento do robô. Ele reposiciona no ponto inicial e é questionado pela pesquisadora:

[...]

P: Qual é o problema que tá acontecendo?

S2: ((observa calado))

P: Hem * ?

S2: Tem que colocar o carrinho aqui (mostra bem no meio do quadrado) prá ele não fazer isso.

[...]

Conclui-se que o sujeito passou pelo processo de TC sobre os motivos do robô não se movimentar até a casa, pois ele verbaliza que o carro não pode se atravessar na frente do robô. Na segunda tentativa, posiciona o carro bem no meio do quadrado do anexo, liga e o robô leva o carro bem na frente da casa e pára, mas o sujeito não está satisfeito, pois ele quer que o mecanismo de encaixe levante e baixe, por isso ele diz “S2: E aí agora que tem que fazer a programação daqui.”(C7). Referindo-se ao mecanismo de subir e descer do anexo. Volta a sentar-se na frente do computador, faz o movimento de subir e descer com a mão na frente do robô e programa a seqüência de ícones reproduzida abaixo:



Figura 20: Quarta programação construída pelo Sujeito 2:

Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 3 segundos / Desliga motor A / Motor C gira para a direita / Durante dois segundos / Desliga motor C / Motor C gira para a esquerda / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Transfere a programação e vai até o carro com problemas mecânicos, posiciona o robô, liga, mas segura o robô com a mão, impedindo que se movimente na direção da casa e observa o funcionamento. O robô executa a programação e o motor C não pára de girar. O sujeito diz: “S2: O pare...” demonstrando que passou novamente pelo processo de TC da ação. Retorna ao computador e modifica mais uma vez a programação, acrescentando o ícone que faz com que o motor C pare depois de se movimentar.

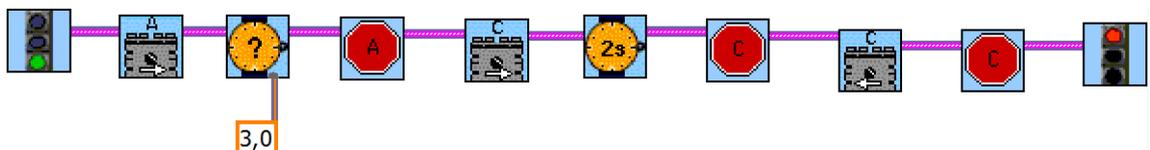


Figura 21: Quinta programação construída pelo Sujeito 2:

Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 3 segundos / Desliga motor A / Motor C gira para a direita / Durante dois segundos / Desliga motor C / Motor C gira para a esquerda / Desliga motor C / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Transfere a programação e volta a testar o robô, posiciona o objeto com o carro na marca estabelecida e liga, se movimenta na direção da casa, mas o carro, com problemas

mecânicos, se atravessa novamente no anexo e impede o movimento do robô que não alcança a casa.

Transcorrida 3h30min do início do experimento, o sujeito não demonstrava a intenção de dar por encerrado o procedimento de resolução de problema. A pesquisadora achou por bem interromper o experimento, pois já passava das seis horas da tarde e a família do sujeito não tinha sido avisada de que ficaria até tão tarde na escola. O sujeito foi informado disso e concordou que precisava voltar para casa. Foi combinado que a continuação do experimento ficaria para o dia seguinte. Antes de encerrar essa primeira fase, a pesquisadora pergunta o que está faltando para concluir o experimento, ao que o sujeito responde: S2: *Arrumar esse coisinha que tá caindo, e a roda aqui ((aponta))*. Ou seja, segundo o sujeito, falta fixar melhor o anexo na base e arrumar a engrenagem que faz girar a roda, pois ela não está engrenando satisfatoriamente. Observa-se que no final da primeira fase de resolução do problema, o robô está muito semelhante à representação inicial elaborada pelo sujeito, como pode ser verificado na reprodução abaixo:

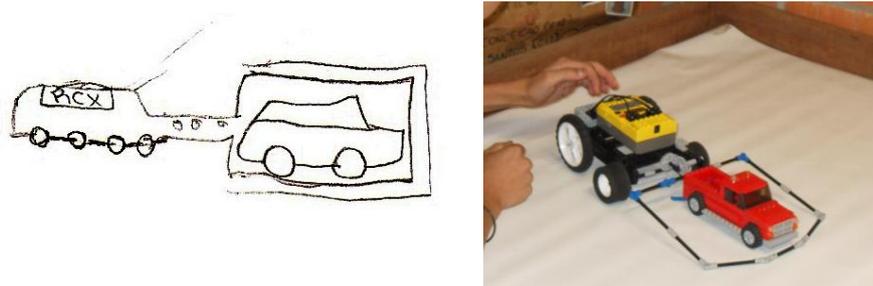


Figura 22: Representação inicial e solução do problema construída pelo Sujeito 2.
Fonte: Dados da pesquisa.

No dia seguinte, o experimento foi retomado pelo sujeito. Antes de iniciar, a pesquisadora questiona o sujeito se ele havia pensado em alguma das montagens realizadas nas aulas de robótica para construir aquele robô, pois esse esquema de montagem pareceu muito, à pesquisadora, com os robôs montados pela equipe de robótica para os Campeonatos da FLL. O sujeito respondeu que não havia pensado em nenhuma montagem da aula e que tinha “inventado” a montagem. O sujeito verbaliza que “inventou” o robô, mas com certeza as montagens realizadas nas aulas influenciaram a representação do sujeito, uma vez que o conhecimento é produto de uma construção realizada pelo sujeito, e que as “invenções” não surgem do nada, mas sim de conhecimentos construídos anteriormente. Isso não quer dizer que o sujeito “mentiu” para a pesquisadora, visto que ele pode não ter mesmo a consciência de que acionou um esquema construído anteriormente nas aulas de robótica.

Depois disso, o sujeito retoma a resolução do problema, abrindo o software Robolab® no computador e começa a reconstruir a programação para o movimento do anexo

(C8). Em nenhum momento o sujeito verbalizou que gostaria de partir da programação construída no dia anterior. Observa-se que o sujeito realizou então uma centração na programação do anexo, desconsiderando, nesse momento, a programação do movimento da base, como podemos verificar na reprodução abaixo:



Figura 23: Sexta programação construída pelo Sujeito 2:
 Início da programação / Motor C gira para a direita / Durante dois segundos / Desliga motor C / Fim da programação.
 Fonte: Dados da pesquisa.

Depois disso, pega a base do robô e faz modificações nas engrenagens que movimentam as rodas (C9). Esse é um dos problemas que o sujeito destacou, no final do dia anterior, que ficaria para resolver no dia seguinte. Observa-se que o sujeito substituiu as engrenagens menores por maiores com mais dentes de contato. Depois disso, procede modificando a fixação do anexo na base, que é o outro problema que destacou no dia anterior. As duas centrações realizadas pelo sujeito são retomadas de centrações realizadas na Etapa 1 (no caso da engrenagem da roda) e na Etapa 2 (no caso da fixação do anexo na base).

Observa-se que, para essa centração, o sujeito não possui um esquema familiar de ação para resolver o problema, pois observa por minutos a base e o anexo e parte para ações exploratórias. Mais uma vez, aqui a conduta do sujeito revelará suas heurísticas, uma vez que o sujeito realiza atualizações no seu esquema através da sua ação no meio físico. O sujeito procede colocando e retirando várias peças para fixar o anexo na base do robô. Depois disso, ele testa as engrenagens com as mãos e o anexo se ergue alcançando o êxito.

O sujeito retoma então a programação, liga a programação que já estava na tela do computador e transfere para o RCX e novamente aparece um erro, como no início da etapa três. Dessa vez, o sujeito procede ligando o RCX e transfere a programação para o robô. O sujeito liga o robô e o anexo não se ergue como esperado, ele faz as engrenagens girarem com as mãos e o mecanismo sobe, ele então liga o robô e o mecanismo não sobe com a força do motor, novamente ele gira com as mãos e o mecanismo sobe. Esse procedimento se repete várias vezes na ação do sujeito, pois hora o mecanismo se movimenta, hora o mecanismo não se movimenta. Essa Abstração⁵⁵ Empírica sobre o movimento do anexo faz com que o sujeito tenha dificuldade de modificar a construção do anexo e de abandonar sua representação

⁵⁵ O conceito foi desenvolvido na página 46.

centrada do anexo. Mesmo observando que o mecanismo não ergue com a força do motor, mas ergue com a força das mãos, o sujeito não consegue realizar o processo de regulação.

Outro fato que pode ter dificultado o abandono dessa hipótese pelo sujeito, é o fato de que o sujeito já viu esse tipo de montagem funcionar nos robôs de competição, o que confirmaria a hipótese de que o sujeito baseou-se na representação de um robô construído anteriormente nas aulas de robótica para construir esse objeto. Porém, o anexo construído pelo Sujeito 2 é muito pesado, seria necessário uma caixa de redução, por exemplo, para fazer o anexo se erguer. Mas o sujeito segue testando e mexendo nas engrenagens, pois acredita que o problema está no contato das engrenagens. O sujeito testa o mecanismo do anexo ao longo de uma hora, ora obtendo êxito, ora com fracasso. Depois de diminuir o tamanho do eixo, o que possibilita um contato mais eficaz das engrenagens, o sujeito testa obtendo êxito uma seqüência de vezes.

Ele modifica mais uma vez a programação, acrescentando a programação do movimento da base. Observa-se que na fase um de resolução do problema o sujeito programou 3 segundos para movimentar o robô na direção da casa, mas agora selecionou o ícone de 4 segundos, como podemos verificar na reprodução abaixo:

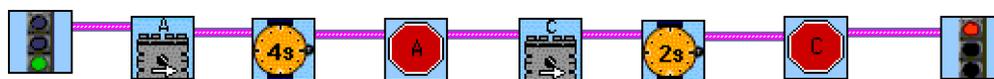


Figura 24: Oitava programação construída pelo Sujeito 2:

Motor A gira para a direita / Durante 4 segundos / Desliga motor A / Motor C gira para a direita / Durante dois segundos / Desliga motor C / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Depois de transferir a programação, o sujeito levanta-se e vai até onde está o carro com problemas mecânicos e testa o robô. Novo problema acontece, que exigirá nova centração (C10) por parte do sujeito, pois quando o robô empurra o carro, este se atravessa no meio do anexo impedindo que o robô deslize até a casa. O sujeito não abandona a sua solução e segue realizando testagens, ora com êxito (chegando até a casa), ora com fracasso (o carro se atravessa no anexo impedindo o movimento do robô). O êxito e o fracasso alternado faz com que o sujeito não abandone seu objetivo. Depois de mais uma hora de testes, o sujeito verbaliza que o anexo não está subindo. A pesquisadora questiona o sujeito sobre o que ele estava pensando em fazer, com a expectativa de que o sujeito iria desistir de resolver o problema, mas ele responde com outra solução para o problema: *S2: Então sora vamos fazer assim, dá prá tirar isso e bota um coisa aqui assim?* (mostra com as mãos a parte do anexo). A pesquisadora diz que sim e o sujeito passa então a modificar o anexo (C11). Seria

interessante, nesse momento, solicitar que o sujeito representasse através do desenho sua nova representação centrada do anexo do robô, mas a pesquisadora, infelizmente, não fez essa solicitação ao sujeito.

Ele abandona parte da sua representação inicial e elabora uma nova representação centrada no anexo do robô e procede retirando as peças que compõe o anexo e construindo um novo anexo para o robô. Nesse momento, o sujeito abre suas estruturas cognitivas para as novas possibilidades, uma vez que supera a **pseudonecessidade**⁵⁶ representada aqui pelo anexo do robô que “sobe e desce”. A abertura para uma nova possibilidade acontece na medida em que o sujeito compreende as impossibilidades, ou necessidades do objeto.

No primeiro momento dessa nova centração (C12), o sujeito retira os ícones da programação responsáveis pelo movimento do anexo e transfere a programação para o RCX do robô, ficando somente com os ícones responsáveis pelo movimento da base do robô como podemos observar abaixo:



Figura 25: Nona programação construída pelo Sujeito 2:
Motor A gira para a direita / Durante 4 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.
Fonte: Dados da pesquisa.

Retira também todas as peças que conectavam o anexo antigo na base do robô. O sujeito conecta duas vigas na base do robô e vai até onde está o carro com problemas mecânicos para medir se a distância entre as vigas é suficiente. Liga o robô e ele se movimenta até a metade do caminho, pois o carro se atravessa na frente do objeto impedindo o movimento do robô. O sujeito coloca mais uma viga no anexo o que faz com que o carro fique um pouco mais em linha reta. Testa e o carro se atravessa novamente. Coloca mais uma viga e o carro fica mais alinhado. Através dessa conduta, podemos observar que o sujeito partiu de uma esquema familiar e também realizou a atualização desse esquema através da ação. Testa algumas vezes o robô e coloca conectores nas vigas, o que deixa o carro ainda mais alinhado na frente do robô. O sujeito posiciona o robô e liga, ele se movimenta chegando muito perto da casa-oficina. O sujeito procede modificando a programação, como podemos observar na reprodução abaixo.

⁵⁶ O conceito foi desenvolvido na página 49.

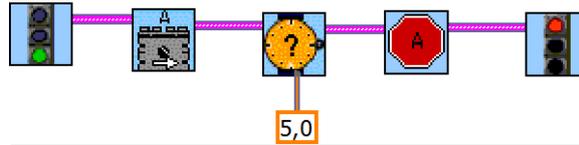


Figura 26: Décima programação construída pelo Sujeito 2:
Motor A gira para a direita / Durante 5 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.
Fonte: Dados da pesquisa.

Depois de aumentar o tempo de giro do motor, o sujeito ajusta as engrenagens (C13) que não estão engrenando. Realiza uma série de testes, obtendo ora êxito, ora fracasso (ora chega até casa, ora não chega). Observa-se que o sujeito está inquieto, pois suspira profundamente várias vezes. Realiza ajustes nas engrenagens que não estão se conectando. O sujeito posiciona o robô e liga mais uma vez o robô com o carro posicionado na frente, que chega muito perto da casa, mas a engrenagem escapa e o robô pára. Posiciona mais uma vez e o carro pára próximo da casa sem se chocar contra ela. O sujeito exclama demonstrando satisfação: *S2: Deu sora!*, dando o experimento por encerrado. A pesquisadora então insiste no questionamento com intuito de confirmar a origem da representação elaborada pelo sujeito:

[...]
P: *Da onde veio essa idéia de fazer isso aqui (anexo)?*
S2: *Daqui, já teve vários dos robôs.*
P: *Daqui das coisas que a gente já fez?*
S2: *É.*
[...]

Observa-se que mais uma vez a origem da representação centrada do anexo 2, elaborada pelo sujeito, são as construções dos objetos realizadas nas aulas de robótica.



Figura 27: Solução final do problema construída pelo Sujeito 2.
Fonte: Dados da pesquisa.

A estratégia de solução do problema construída pelo Sujeito 2 pode ser dividida em quatro etapas sucessivas e encadeadas. Além disso, o procedimento do Sujeito 2 pode ser dividido em duas fases: primeiro dia e segundo dia da resolução. Depois de elaborar sua representação inicial, que guiou suas ações na busca da solução, o sujeito partiu para a

construção da base do robô (C1), guiado por um esquema familiar na primeira etapa do procedimento de resolução do problema. Ainda nessa etapa, realizou uma centração para resolver os problemas acerca do encaixe das engrenagens do motor para movimentar as rodas (C2). Na segunda etapa da sua estratégia, o sujeito construiu o anexo do robô que para ele deveria ser, necessariamente, um objeto que “subisse e descesse” (C3). Guiado por um esquema familiar, o sujeito construiu o anexo e realizou ainda mais duas centrações para alongar a conexão do motor até o anexo (C4) e depois fixar o anexo nesse prolongamento (C5). As centrações realizadas pelo sujeito na etapa dois fazem com que o esquema familiar, acionado por ele para construir o anexo, seja atualizado através de procedimentos de descoberta. Na etapa três, o sujeito procede construindo a programação para movimentar a base do robô (C6) e depois para movimentar o anexo acionando um esquema familiar (C7). Numa quarta etapa, o sujeito passa a testar o robô, mas em seguida precisa interromper o procedimento que foi retomado no dia seguinte.

Na segunda fase da resolução, no dia seguinte, o sujeito deu prosseguimento à etapa 4, onde construiu nova programação centrada no movimento do anexo com ajuda de um esquema familiar (C8), em seguida realizou uma centração para resolver o problema do encaixe das engrenagens para movimentar as rodas (C9) e outra centração para resolver o problema da conexão do anexo (C10). Depois de muitas testagens obtendo ora êxito, ora fracasso, o sujeito modificou sua estratégia e partiu para a construção de um outro tipo de anexo no robô para levar o carro até a oficina. Realizou, então, uma nova centração na construção do anexo, nova representação centrada, partindo para a construção de outro tipo de anexo guiado por outro esquema familiar (C11). Procede construindo nova programação (C12). Por fim, realizou uma última centração para resolver o encaixe das engrenagens que movimentam as rodas (C13), alcançando o êxito e concluindo sua estratégia de resolução do problema.

A Figura 28 representa a tentativa de sistematizar o procedimento de resolução do problema do Sujeito 2:

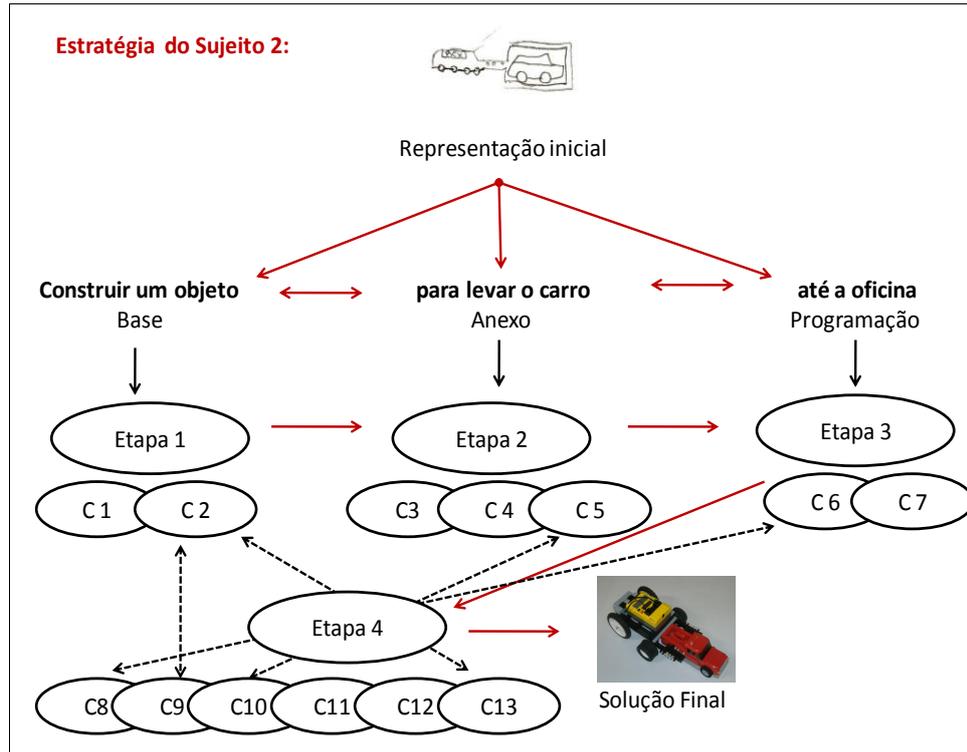


Figura 28: Esquema da estratégia de resolução elaborada pelo Sujeito 2. As setas inteiras representam a passagem para a etapa seguinte, já a seta pontilhada representa a retomada de etapas anteriores.

Fonte: Dados da pesquisa.

5.3 O CASO DO SUJEITO 3

- Idade: 11 anos 02 meses
- Tempo que frequenta as aulas de robótica: 3 meses
- Tempo total usado para solucionar o problema: 34min, mas não chega a construir a solução para o problema.

O experimento inicia com as instruções sendo lançadas pela pesquisadora para o sujeito 3 que verbaliza sua dúvida com relação ao êxito da sua ação. Observa-se que o sujeito olha para o carro com problemas mecânicos e para a casa-oficina, na tentativa de representar uma solução para o problema. Quando solicitada a imaginar um objeto que pudesse construir com o kit de robótica para resolver o problema, ela recorre a uma primeira representação que chama de “guincho” e novamente verbaliza sua dúvida com relação ao seu êxito, como podemos verificar no segmento abaixo:

[...]

P: Tu que vai construir e vai programar para que ele faça isso. Tá? Pensou?

((olha para o carro e a casa e sorri))

P: Num objeto que leve o carrinho estragado que tá no meio da estrada leve até a casinha que é a oficina.

((ainda olha para o carro e a casa e sorri))

S3: Ah eu não sei se vai levar sora.

P: Tu não sabe se vai levar? Mas dá prá construir?

S3: Dá. ((continua olhando para o carro e a casa))

P: O que que precisa usar? Prá construir esse objeto que tu pensou prá levar o carro estragado até a oficina.

S3: Acho que precisa mesmo é de um guincho. <117966>

P: Precisa de um guincho? Como é que é esse guincho?

*S3: Ai, ele tinha que **levantar** o carro né? ...*

P: Tinha que levantar o carro?

S3: É, mas só que eu não sei... *((sempre olhando para o carro e a casa))*

P: O que que tu não sabe?

S3: Eu acho que dá prá construir sora.

[...]

O sujeito acionou a representação inicial que se torna um *objeto-para-pensar-com*, ou seja, uma representação que guia as ações do sujeito na busca do seu objetivo. Observa-se que a representação elaborada pelo Sujeito 3 está bastante relacionada com a realidade em que vivemos, onde carros-guincho levam carros com problemas mecânicos para as oficinas.

Ao ser questionado sobre as peças necessárias para construir o objeto que imaginou, o sujeito cita as peças básicas para construção em robótica (vigas, blocos, buchas, motores, cabos), demonstrando que possui esquemas construídos anteriormente acerca da montagem com o kit, como podemos verificar no extrato abaixo:

[. . .]
 P: *Dá prá construir? Que peças tu vai usar prá construir?*
 S3: ((*Observa*)) *Ah, eu, viga...*
 P: *Viga, o que mais?*
 S3: *Os blocos...*
 P: *Blocos, o que mais?*
 S3: *Áaaa buchas...*
 P: *Buchas. Vigas, blocos e buchas já é suficiente prá fazer levar?*
 S3: *Não, motores*
 P: *Motores*
 S3: *Cabos*
 P: *Cabos*
 ((*ela observa sempre olhando para o carro e a casa* <172775>))
 S3: *Rodas. ((continua observando o carro e a casa))*
 P: *Mais alguma coisa?*
 S3: *Precisa mas ...*
 P: *Precisa mas ...*
 ((*olha para o carro e a casa e sorri*))
 [. . .]

Ressalto que o questionamento realizado pela pesquisadora: “P: *Buchas. Vigas, blocos e buchas já é suficiente prá fazer levar?*” também pode ter induzido o sujeito a continuar citando peças para a construção, mas tal interferência não modifica fundamentalmente a direção da conduta do sujeito.

Quando é solicitado ao sujeito que desenhe a solução que imaginou para o problema, a incerteza com relação ao êxito é evidenciada através da fala, como podemos constatar no excerto abaixo:

[. . .]
 P: *Então tá, então agora eu vou pedir que tu sente ali na mesinha.*
 ((*ela senta*))
 P: *A sora quer que tu faça nessa folha assim, que tu faça rapidamente assim como é que tu pensou nesse objeto que vai levar o carro estragado até a casinha. Vai carregar, vai levar.*
 ((*ela sorri, pega o lápis*))
 P: *Não precisa ser desenho bem bonito, mais ou menos assim como é que é.*
 ((*ela começa a desenhar*))
 S3: ***Eu não sei se dá mesmo prá construir sora.*** <244831>
 P: *Tu não sabe se dá mesmo prá construir?*
 S3: *É.*
 P: *Faz assim mais ou menos como é que tu acha aí.*
 S3: ***Claro que esse daqui num coisa não vai dar.***
 ((*desenha*))
 S3: *Mais ou menos assim sora.*
 P: *Tá, mais ou menos assim.*
 S3: *É*
 [. . .]

A representação através do desenho a forma de “guincho” fica muito evidente para a pesquisadora. Observa-se também que, ao contrário dos demais sujeitos envolvidos nessa

investigação, o sujeito não representa nos seus desenhos as peças do kit que usará na sua construção, como podemos verificar no desenho do Sujeito 3 reproduzido abaixo:

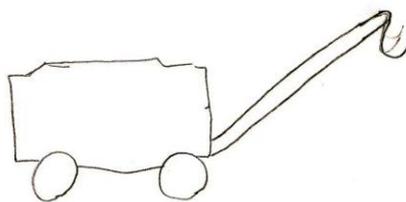


Figura 29: Representação inicial da solução final elaborada pelo Sujeito 3.
Fonte: Dados da pesquisa.

O sujeito parte então para a construção do objeto guiado pela representação mental iniciando pela base, pois seleciona vigas, eixos, rodas e pneus. Observa-se que o sujeito possui dúvidas sobre os passos a seguir em direção ao objetivo, ou seja, o sujeito tem claramente a representação que guia sua ação (aspectos teleonômicos), mas não encontra os meios (aspectos axiológicos) para chegar ao objetivo e continua verbalizando sua dúvida com relação ao êxito.

O **controle descendente**⁵⁷ se sobrepõe na ação do sujeito, não encontrando a coerência necessária entre os esquemas acionados e o objetivo projetado. O sujeito passa então a realizar ações exploratórias no sentido de *fazer falar o objeto*, que não tem a intenção de atualizar conhecimentos, mas buscam explorar o objeto em questão. O sujeito não abandona a representação inicial “guincho” como solução mais adequada ao problema, como podemos observar no segmento abaixo:

[...]

P: Tá bom, então agora usando o nosso kit tu vai construir o objeto prá levar o carro até a casa, pode começar, se quiser botar prá lá, prá cá, como tu preferir. $\alpha <406547 >$

S3: ((Vai direto nas vigas e pega uma, observa o kit, pega mais uma viga, observa o kit, faz que não com a cabeça $\alpha <447359 >$ olha o kit pega vigas, ergue a sobancelha, olha o kit, suspira, resmunga, olha o kit, faz que não com a cabeça $\alpha <526862 >$))

(...)

((pega mais algumas peças, olha o kit, observa, sobre a mesa tem vigas, duas rodas com pneus, dois motores, pega eixos e coloca nas rodas, procura outro eixo, troca))

[...]

Na tentativa de *fazer falar o objeto*, o procedimento não se desenrola na direção da resolução do problema, pois a representação “guincho” se revela uma pseudonecessidade para o sujeito que não consegue elaborar outra solução para o problema que não aquela da forma

⁵⁷ O conceito foi desenvolvido na página 58.

“guincho”. Conclui-se que o esquema familiar acionado pelo sujeito como sendo o mais adequado para resolver o problema se revela um empecilho para a solução do problema.

Em meio a esses procedimentos exploratórios, o sujeito passa a olhar fotos de trabalhos já realizados nas aulas de robótica que estão expostas na sua frente na parede da sala. Então, fixa o olhar em uma foto do robô chamado de Robô-Futebol.

Nesse momento, o **controle ascendente**⁵⁸ da ação se sobrepõe e o sujeito abandona por completo a representação inicial do carro-guincho e passa a perseguir um segundo objetivo que podemos chamar de uma segunda representação, que é a do Robô-Futebol. Passa então a pegar as peças que correspondem à montagem desse robô. Novamente, os esquemas são acionados na tentativa de uma atualização através da ação, mas novamente o sujeito não consegue chegar ao êxito.

S3: ((coloca o eixo na roda <887700> fixa a viga, resmunga, observa <1005362> , pega eixos, engata nas vigas, tem uma roda em cada eixo, olha para as fotos que estão na frente de construções já realizadas na robótica, observa, <1127543> desmonta, observa, pega rodas grandes como de uma montagem da foto, mede os eixos, pega eixos, coloca nas rodas, observa, prende como tinha feito no início, a roda no eixo, desmonta, prende eixos nas rodas, tenta unir com uma bucha, faz que não com a cabeça, observa, retira os eixos, procura outras peças nos eixos <1496725> coloca um eixo com uma roda em cada ponta, pega um motor, retira a engrenagem, observa))

Nesse momento, se passaram quinze minutos desde o início do experimento. O sujeito realiza novamente algumas ações que buscam *fazer falar o objeto* baseado na segunda representação elaborada por ele. Alguns minutos depois, o sujeito verbaliza que realmente não vai conseguir resolver o problema e o experimento é encerrado.

[...]

S3: Ai, não sei se eu vou... ((*passa a mão no rosto*)) **se tem como montar.**

P: Tu acha que não dá prá montar o que tu pensou na tua cabeça?

S3: Eu não sei.

P: E dá prá pensar outra coisa diferente?

S3: Não sei.

P: Ou só dá prá ser se for esse que pensou na cabeça, porque a missão é : levar o carrinho que tá estragado até a oficina. Tu pensou num objeto na tua cabeça, agora tu tá me dizendo que esse aí não vai dar. Dá prá pensar um outro?

S3: Não sei se vai dar sora.

P: Então não tem jeito de fazer um objeto prá levar até a casa?

S3: Ah, eu não sei se eu vou conseguir. <1990889>

P: Tu não sabe se vai conseguir? E tem como tu pensar um que tu consiga?

S3:((Ergue as sobrancelhas, aperta os lábios, olha para frente nas fotos, olha para o kit, faz que não com a cabeça, suspira,))

S3: Aiiii.

P: Sim ou não?

S3: Muito difícil.

P: É muito difícil? <2021155> Tu acha que não dá prá construir?

S3: Dá, dá, mas eu não consigo.

P: Dá prá construir, mas tu não consegue?

⁵⁸ O conceito foi desenvolvido na página 58.

S3: *Faz que sim com a cabeça* ☒<2030639>
[...]

No caso do sujeito 3, observa-se que, ainda que ele tenha tido experiências anteriores com o material de robótica educacional, essa experiência não foi suficiente para reuni-las em um procedimento de resolução do problema. Ainda que ele possua esquemas iniciais para a resolução do problema, como demonstrou quando citou as peças necessárias para a construção, eles não são atualizados ao longo da sua conduta, impedindo o êxito. Além disso, durante o desenrolar da conduta inicial guiada pela primeira representação (guincho), o sujeito verbalizou várias vezes que não conseguiria chegar ao êxito, talvez por acreditar que seus esquemas de ação não seriam suficientes para construir o robô “guincho”.

Com relação aos aspectos teleonômicos da conduta, observa-se que o sujeito projeta um fim, aciona alguns esquemas que não se atualizam durante a conduta (aspectos axiológicos), levando o sujeito ao fracasso. O controle descendente, que assegura a coerência da ação, parece se sobressair, mostrando para o sujeito que suas ações não estão adequadas para a construção de um guincho. Sem a atualização dos esquemas de ação voltados para a resolução do problema que se apresenta, o sujeito então não alcança o êxito através da sua ação.

A montagem “guincho” apresenta-se como uma pseudonecessidade para o sujeito, ou seja, é a única possível para ela no momento. Ainda que tenha tentado uma segunda montagem “futebol” ele rapidamente abandona essa representação dizendo que “Dá para construir, mas não consegue”. O real, no caso o guincho, se impõe como necessário àquela situação e, dessa forma, fecha as aberturas para novos possíveis, ou seja, para a criação de novidades.

Num contexto de sala de aula, o professor de Robótica Educacional poderia mediar essa situação propondo observações de objetos do cotidiano para superar essa pseudonecessidade. Poderia questionar, por exemplo, “*Como funciona um guincho de verdade?*” ou “*De que outra forma esse carro poderia ser levado até a oficina?*”. Dessa forma, a Robótica Educacional se mostra como uma importante ferramenta para pensar e atuar acerca dos problemas envolvidos na realidade do sujeito.

6.4 O CASO DO SUJEITO 4

- Idade: 15 anos 07 meses
- Tempo que frequenta as aulas de robótica: 3 anos
- Tempo total usado para solucionar o problema: 1h20min

A pesquisadora inicia o experimento e as instruções são dadas ao sujeito. Ela diz para a pesquisadora que pensou em montar um robô “Tipo o Futebol”, ou seja, na montagem do “robô jogador de futebol”, que foi realizada em algumas das aulas de robótica para participação em campeonatos. Tal relato confirma a hipótese de que o esquema acionado pelo sujeito é mesmo um Esquema Familiar. Depois, relata as peças que pensou em usar na montagem do robô: vigas, conectores, buchas, eixos e garras, evidenciando seu conhecimento construído anteriormente nas aulas de robótica. Ainda a pedido da pesquisadora, representa o objeto que pensou através do desenho, como podemos verificar na reprodução abaixo:

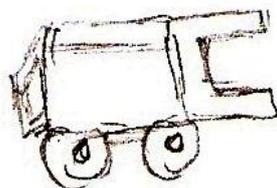


Figura 30: Representação inicial da solução final elaborada pelo Sujeito 4.
Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que o indivíduo acionou uma representação inicial para resolver o problema e que possui esquemas construídos anteriormente para resolver o problema. Na **primeira etapa** do seu procedimento, realiza uma *centração* (C1) na construção da base do robô e aciona um Esquema Familiar para construir essa base. Esse esquema foi construído anteriormente nas aulas de robótica e foi acionado pelo sujeito como sendo o mais adequado para resolver o problema. O sujeito seleciona as vigas como as peças mais adequadas para construir a base, depois seleciona em seguida os eixos, engrenagens e motores. Observa-se que o sujeito faz uma previsão de montagem da etapa seguinte, pois deixa um espaço na base para fixar o anexo que será construído na etapa seguinte. Tal conduta reflete os aspectos teleonômicos da ação do sujeito, uma vez que ele faz uma previsão da etapa seguinte. Já o procedimento orientado pelo Esquema Familiar, para a construção da base do robô, revela os aspectos axiológicos da conduta do sujeito.

O sujeito então constrói a base do robô, mas troca várias vezes as rodas até que elege as rodas mais estreitas como sendo as mais adequadas para a montagem (C2). Esse procedimento de descoberta, com o objetivo de atualizar o esquema acionado inicialmente, fica claramente ilustrado na descrição abaixo:

[...]

S4: ((<172482>(0:02:52.5) começa, posiciona-se na cadeira, pega o kit, pega eixos, vigas e conta para verificar o tamanho da viga, pega outra, pega eixo, pega outro, pega vários eixos, atravessa na viga, coloca uma engrenagem no eixo, coloca outra viga ao lado, atravessa o eixo na viga, coloca lado a lado conectados pelo eixo com a engrenagem no meio, observa, conecta, bota buchas, desmonta, recoloca, pega motor, pega pranchas com abas, conecta nas vigas, conecta motor nas vigas, troca as pranchas com abas, observa, <627465>(0:10:27.5), retira eixo, conecta vigas e motor, coloca pranchas, <701432>(0:11:41.4) observa, coloca rodas estreitas, coloca pranchas na base, mede o RCX na base, aperta, coloca rodas largas, troca, coloca estreitas, tira o eixo e as rodas giram coloca buchas, coloca a outra roda observa <843161>(0:14:03.2)

[...]

Tal procedimento faz com que o sujeito atualize seu esquema na busca da resolução do problema. Um esquema atualizado passa de um esquema de rotina para um esquema de procedimento, ou seja, de um conhecimento difuso para outro mais preciso.

Observa-se então que, depois disso, o indivíduo parte para uma **segunda etapa** da resolução do problema, que é a construção do anexo, ou “garras” como o sujeito nomeou. O sujeito elabora uma representação centrada na construção do anexo, pois verbaliza que vai fazer uma garra “tipo o futebol” (Robô Jogador de Futebol). Inicia a montagem (C3), mas observa-se que altera o rumo da sua conduta, pois abandona a idéia de fixar o anexo na base e passa a fixá-lo nas laterais do RCX. No final da etapa, a pesquisadora percebendo a alteração da direção da conduta do sujeito, questiona o sujeito buscando a confirmação da hipótese:

[...]

P4: Tá, só me responde uma coisinha aqui que eu fiquei pensando. O objeto que tu montou agora, ele tá igual ao objeto que eu pedi pra tu desenhar?

S: Não, eu só, modifiquei só a garra porque causa que não ia dar prá encaixar aqui (na base) porque eu fiz o carro muito rebaixado, daí prá não complicar eu fiz tipo uma removível.

[...]

O sujeito então confirma para a pesquisadora a mudança no rumo da ação observada na sua conduta, pois realizou uma atualização na sua representação inicial de acordo com as propriedades do objeto construído por ele mesmo. O controle ascendente é o responsável pela mudança no rumo da conduta do sujeito sem perder o foco na representação inicial garantido pelo controle descendente. Podemos dizer que o sujeito inicia a montagem do anexo na etapa dois, orientado por um Esquema Familiar que considerou adequado, mas esse esquema mostra-se parcialmente adequado ao longo da conduta, então é atualizado e modificado através da ação para a situação. Uma nova representação centrada (C4) é realizada pelo

indivíduo, que passa a fixar o anexo nas laterais do RCX. A mudança no rumo da ação é desencadeada por aspectos teleonômicos, uma vez que o sujeito faz uma previsão que o esquema acionado não seria suficiente para resolver o problema, pois o robô estava muito “rebaixado”, como verbalizou o indivíduo. Dessa forma, muda a construção do anexo das garras “tipo-futebol” para uma garra anexada às laterais do RCX.

Depois de alguns ajustes, o sujeito vai até o carro com problemas mecânicos, posiciona o robô atrás do carro e empurra com as mãos, observando o funcionamento do robô construído. Depois disso, dá por encerrada a etapa da montagem do anexo, como podemos verificar abaixo:

[...]

S4: ((observa, aperta o RCX, testa com as mãos, pega cabos, conecta entre o RCX e os motores, levanta e vai até o carro, testa empurrando com as mãos, o robô se movimentando empurrando o carro, volta para a montagem, retira o RCX, muda as pranchas da base \sphericalangle <2206514>(0:36:46.5) coloca RCX, \sphericalangle <2211067>(0:36:51.1) guarda as peças.)) Só programar agora. \sphericalangle <2235734>(0:37:15.7)

[...]

O fato de o sujeito guardar as peças que sobraram sobre a mesa marca a finalização de uma etapa e o encadeamento da etapa seguinte. Na **terceira etapa** da conduta do sujeito, o sujeito construirá a programação do movimento do robô. Antes de iniciar a programação, o sujeito pede para ir até o carro com problemas mecânicos e empurra com as mãos o robô em direção à casa, contando os segundos. Em seguida, abre o programa Robolab® na tela computador e inicia a construção da programação (C5) reproduzida abaixo:



Figura 31: Primeira programação construída pelo Sujeito 4:

Motor A gira para a direita / Durante 10 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Enquanto o sujeito empurra o robô com as mãos contando os segundos, ele elabora uma representação centrada sobre a distância que separa o carro da casa, pois essa representação também é uma representação construída pelo sujeito, que serve como referência para a construção da programação. Além disso, ele aciona um Esquema Familiar que lhe possibilitará a montagem de uma programação inicial. Depois de organizar a programação, ele transfere para o RCX do robô e vai até o carro para testar. A conduta do sujeito que se desenrola deste momento em diante pode ser reunida em uma **quarta etapa** do seu procedimento, ou seja, uma etapa que reúne uma série de modificações na montagem e na programação do robô, desencadeada através dos testes realizados pelo sujeito no objeto

construído, que podemos chamar de *bugs* (C6). Procede então ligando o robô e ele se movimenta em marcha ré. O sujeito verbaliza:

[...]

S4: Ah, assim não. ((desliga o RCX) ⌘<2536758>

P: O que deu errado?

S4: **Porque eu botei o motor para frente e ele foi para trás, só que é o contrário que eu tenho que botar**

[...]

Observa-se aqui que o sujeito passou pelo processo de Tomada de Consciência da sua ação que fez com que ele modificasse a direção do giro do motor, como pode ser observado na reprodução da programação abaixo:



Figura 32: Segunda programação construída pelo Sujeito 4:

Início / Motor A gira para a esquerda / Durante 10 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Podemos dizer que essas condutas de modificação na programação revelam procedimentos de descoberta realizados pelo sujeito com o intuito de resolver o problema, mas que acabam por atualizar os esquemas envolvidos no procedimento de resolução do problema. O sujeito então testa o robô com a programação modificada e conclui que a montagem precisa de modificações, pois, segundo ele, o robô está “muito rebaixado”. Para chegar a essa conclusão, o sujeito infere que é necessário modificar as rodas do robô para que possa se movimentar até a casa-oficina. Modifica então e testa novamente o robô, mas um novo problema acontece e exigirá uma nova centração por parte do sujeito:

[...]

S4: Vai até a mesa, posiciona o carro na frente do robô e liga, o carro se atravessa, o robô segue e choca-se contra a casa)) Levou a casa!

P: E aí deu? ... O problema que tu queria resolver tu resolveu?

S4: ⌘<2854330> É... um pouco ... Só que...

P: Qual foi o problema agora?

S4: **Agora foi as garras.**

P: As garras. E aí como é que tu vai fazer prá resolver?

S4: Vou tentar construir outra. ((começa a modificar as garras do anexo, retira as garras, observa, troca as peças da garra, usa eixos duplos e fixa novamente na frente do robô, observa, ⌘<3286810> bate no anexo para verificar se vai se movimentar))

[...]

O problema da “garra” é a nova centração (C7) do sujeito, que passa a modificar mais uma vez o anexo, pois a garra estava presa na lateral do robô, mas não estava fixa. O movimento da garra desencadeou o giro do carro na frente do robô. O sujeito conclui a alteração buscando atualizar seu esquema inicial de montagem da garra através de

procedimentos de descoberta, testa o robô e abstrai (Abstração Reflexionante), realizando duas novas centrações como podemos verificar abaixo:

[...]

S4: ((<3313193> Levanta e vai até a mesa de teste, posiciona o robô e o carro na frente e liga, o carro vira novamente na frente do robô e escapa, o robô segue em direção à casa, mas sem o carro que ficou pelo caminho))

P: E agora o que que aconteceu?

S4: O tempo tá muito, e a garra tem que ser maior.

P: Tá, o tempo tá muito e a garra tem que ser maior.

[...]

Procede primeiro alongando o anexo, adicionando eixos à montagem. Depois de alterar a estrutura do anexo, modifica a programação, alterando o tempo de giro do motor, como podemos observar na reprodução abaixo:

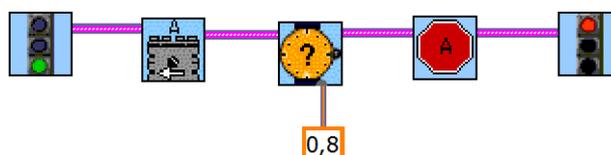


Figura 33: Terceira programação construída pelo Sujeito 4:

Início / Motor A gira para a esquerda / Durante 0,8 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que o Esquema Familiar, acionado no início da segunda etapa para a construção da garra, passou por um processo de atualização ao longo do procedimento do sujeito. Podemos dizer que o esquema eleito pelo sujeito como familiar inicialmente se referia a um esquema conhecido pelo sujeito (garra do Robô Jogador de Futebol), depois foi substituído por outro esquema para um anexo fixado na lateral do RCX, foi ajustado para não se movimentar e por último foi alongado. Podemos concluir que esse é um esquema que foi sendo atualizado ao longo das ações do sujeito e se tornou um esquema de procedimento.

O sujeito realiza uma centração na programação que também é alterada. Observa-se que o sujeito cometeu um engano, digitando 0,8 décimos de segundos em vez de 8,0. Testa o robô que se movimenta muito pouco e pára, o sujeito ri e modifica a programa:



Figura 34: Quarta programação construída pelo Sujeito 4:

Início / Motor A gira para a esquerda / Durante 6 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que o sujeito certifica-se se sua programação está mesmo equivocada, substituindo o ícone de programação. Nesse momento, ainda que a conduta do sujeito não

tenha sido exitosa, antes de abandonar sua hipótese ele confirma através de outro procedimento de programação.

[...]

S4: Vou colocar uns ... oito, por aí, nove. ((coloca 0,8, transfere, levanta e vai até a mesa de teste, posiciona o robô)) Mas eu acho que ainda vai dar o mesmo problema do que antes. ((liga e o robô se movimenta e pára em seguida, ri)) Talvez... ((eleva o robô, liga, as rodas giram, volta e passa novamente a programação, ri, testa novamente na mesa de teste e o robô novamente anda e pára em seguida, volta para a mesa de montagem, troca o ícone, por 8 segundos, transfere, levanta e vai até a mesa de teste, posiciona, liga o robô, ele se movimenta e se choca contra a parede da mesa sem alcançar a casa, reposiciona, liga, o robô anda e o carro se atravessa na frente do robô impedindo que deslize até a casa, ela levanta o robô, as rodas giram e param))

P: Porque que não levou agora?

S4: **Eu acho que ainda por causa do tempo.**

[...]

O sujeito atua então através de procedimentos de descoberta, modificando e testando a programação mais cinco vezes, modifica para 8,5 segundos, depois para 7,5, depois para 6 segundos, quatro segundos e dois segundos. Por último, modifica a programação para três segundos, como podemos verificar na reprodução abaixo:

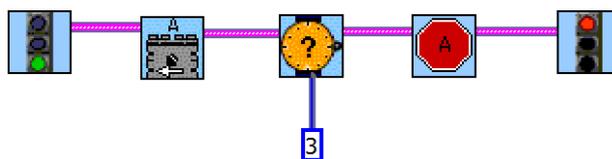


Figura 35: Décima programação construída pelo Sujeito 4:

Início / Motor A gira para a esquerda / Durante 3 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Quando o sujeito testa o robô e um novo problema acontece, como podemos observar na transcrição abaixo. No segmento, podemos observar também o procedimento de descoberta do sujeito até o surgimento de um novo problema que exigirá uma nova centração:

[...]

S4: ((pega o robô e vai até o computador, modifica para 7,5" o tempo de giro do motor, testa, ainda se choca contra casa, risos)) Ainda tá muito tempo.

((volta para o computador, modifica, coloca 6", transfere, volta para testar, ainda se choca, modifica, coloca 4", transfere, testa, se choca de novo, muda a programação, coloca 2", passa, o robô anda um pouco e pára no meio do caminho))

P: De quatro tu botou prá?

S4: Dois ((risos)) Vou botar 3".((modifica, transfere, testa, quase chega, mas pára antes, testa de novo, tira e bota o eixo com as rodas, coloca buchas nos eixos das rodas)) Pode ser problema na roda. ((testa, o robô quase não se movimenta)) **Por causa que tá trancando ali no eixo.**

[...]

O sujeito centra-se na resolução do problema do eixo e da bucha que está muito apertada, impedindo o movimento da roda (C8). Novamente o sujeito infere que o motivo da

roda não se movimentar é a bucha. Realiza um ajuste no eixo e na bucha e testa novamente, dessa vez dá por encerrada a resolução do problema, como podemos verificar abaixo:

[...]

S4: ((reposiciona, liga de novo, o robô anda emburrando o carro e pára bem em frente a casa sem se chocar, bate palmas))

P: Muito bem ! E aí? Resolvido?

S4: Resolvido.

P: Fácil ou difícil?

S4: Um pouquinho assim, é só usar a cabeça, é só pensar um pouquinho daí tu consegue.

[...]

Os êxitos e os fracassos da ação do sujeito são evidentes nessa quarta etapa da resolução do problema. Cada novo problema desencadeado requer uma centração do sujeito para sua resolução, sem perder a representação inicial como objetivo a ser perseguido. A cada nova centração realizada, um Esquema Familiar é acionado ou atualizado para resolver o problema. A atualização do procedimento acontece através de procedimentos de descoberta que buscam a atualização do esquema.

Abaixo, podemos comparar a representação inicial do sujeito com a solução final para o problema elaborada pelo Sujeito 4. Podemos concluir que a representação inicial orientou a ação do sujeito, que chegou a uma solução final muito semelhante àquela projetada através da abertura para novos possíveis no início do procedimento de resolução de problemas:

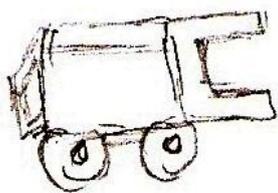


Figura 36: Representação inicial e solução final do problema construída pelo Sujeito 4.
Fonte: Dados da pesquisa.

A estratégia de resolução do Sujeito 4 pode ser dividida em quatro etapas encadeadas. Depois de elaborar uma representação inicial acerca da solução final para o problema, o sujeito realiza uma primeira centração (C1) que marca a primeira etapa do procedimento de resolução do sujeito. Ele aciona um esquema familiar para a construção da base e atualiza esse esquema realizando uma centração (C2) para resolver os problemas das rodas do robô. Em seguida, centra-se (C3) na construção do anexo do robô para levar o carro até a oficina. Realiza uma representação centrada e aciona um esquema familiar que chamou

de “garra do futebol” para resolver o problema. Através da sua ação, o sujeito realiza procedimentos de descoberta na busca da atualização desse esquema inicial, transformando a representação centrada da “garra do futebol” em outra mais adequada para resolver o problema (C4). Na terceira etapa, o sujeito realiza uma representação centrada acerca da distância que separa o carro da casa e procede através de um esquema familiar construindo a primeira programação do objeto (C5). Depois disso, as próximas condutas podem ser reunidas numa quarta etapa, onde o sujeito realiza ajustes na montagem e na programação do robô na medida em que os problemas ou *bugs* acontecem. A primeira centração (C6) da etapa quatro é realizada pelo sujeito com intuito de resolver problemas na programação. O sujeito atua através de procedimentos de descoberta, do tipo “tentativa e erro”, na busca da atualização do esquema inicial que desencadeou sua ação. Outra centração (C7) da etapa quatro refere-se aos problemas do anexo, onde mais uma vez o sujeito atua através de procedimentos de descoberta na busca da atualização do esquema familiar inicial. Uma última centração (C8) realizada pelo sujeito refere-se aos problemas da roda, onde o sujeito atua através de procedimentos de descoberta, fechando sua estratégia de resolução e alcançando o êxito.

A Figura 37 representa a tentativa de sistematizar o procedimento de resolução do problema do Sujeito 4:

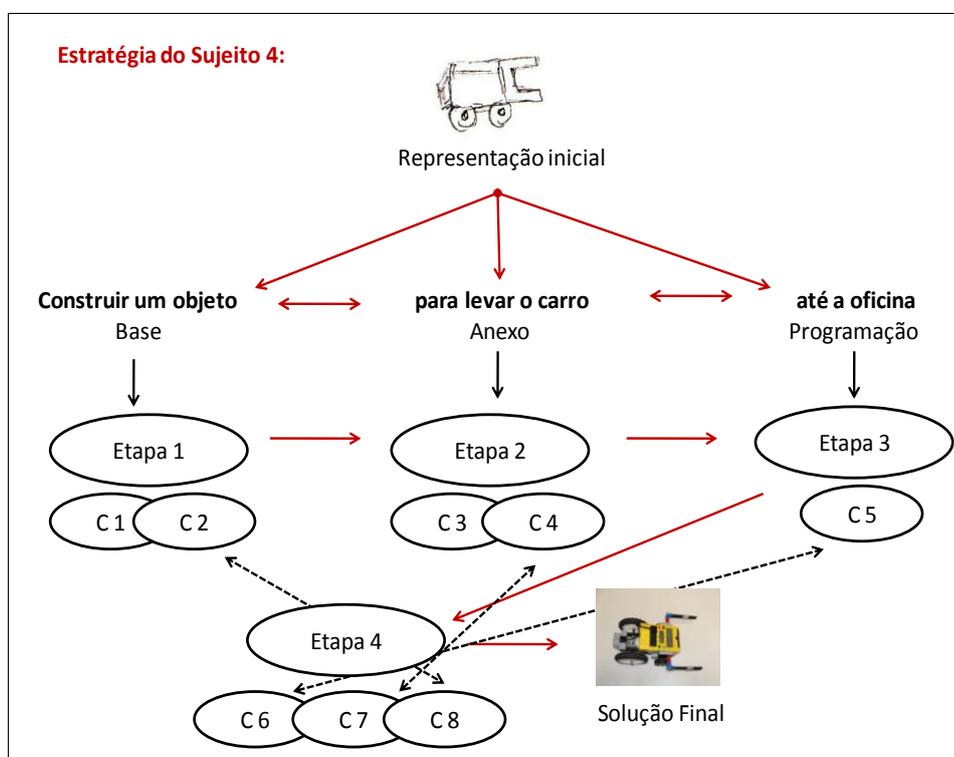


Figura 37: Esquema da estratégia de resolução elaborada pelo Sujeito 4.

As setas inteiras representam a passagem para a etapa seguinte, já a seta pontilhada representa a retomada de etapas anteriores.

Fonte: Dados da pesquisa.

6.5 O CASO DO SUJEITO 5

- Idade: 14 anos 04 meses
- Tempo que frequenta as aulas de robótica: 1 ano 3 meses
- Tempo total usado para solucionar o problema: 1h13min

O problema é lançado para o sujeito que, enquanto escuta a pesquisadora, olha para o carro com problemas mecânicos e para a casa. Quando é solicitado que diga as peças que pensou para fazer a construção, observa-se que o indivíduo já elaborou uma representação da solução final do problema, e lista as peças que usará baseado nessa representação, como podemos observar no extrato abaixo:

[...]

S5: <85151>(0:01:25.2) Acho que... ((pausa)) os eixos, motor, e mais as rodas, **fazer um carrinho** prá levar ele também...

P: E o que?

S5: E... garras e mais acho que uns blocos também pode ser prá segurar o RCX.

P: Blocos prá segurar o RCX. Mais alguma peça que tu lembre?

S5: Aiii e as buchas e os ... *deixa eu ver...* ((pausa)) **deixa eu ver que tipo de carro eu vou fazer...** os cabos.

P: Cabos

S5: *Que mais...* ((pausa)) *ai e mais algumas peças aí que eu vejo na hora.*

[...]

Observa-se que sujeito cita as peças que usará posteriormente na montagem guiado pela imagem mental de um “carrinho”, como ele mesmo verbalizou como solução para o problema. Mais adiante, ele recorre novamente à imagem mental dizendo: “...*deixa eu ver que tipo de carro eu vou fazer...*” para continuar citando as demais peças que usará na montagem do robô. Nesse momento, o sujeito possui uma imagem total do objeto a ser construído como solução, posteriormente, essa imagem é focada, ou desmembrada, dependendo da etapa em que o sujeito se encontra na resolução do problema.

Quando é solicitado que o sujeito represente, através do desenho, a solução para o problema, fica bastante evidente para a pesquisadora o objeto pensado pelo sujeito, uma vez que ele vai, por iniciativa própria, desenhando e explicando o seu desenho.

[...]

S5: *Eu acho que eu vou fazer, deixa eu ver ...* **as rodas** né, vou fazer de lado sora.

P: Tudo bem.

S5: Tá torto.

P: Não precisa ser bonito, só prá gente entender e ter uma idéia de como que tu tá pensando.

S5: ((desenha)) Assim, *deixa eu ver mais,* **aquí na frente tem uns blocos, uns blocos, aí eu vou botar um, circulozinho verde** lá, *ai me esqueci o nome.*

P: Peça verde?

S5: *É. **Aí vou bota a garra**, acho que a garra di, acho que assim ((faz com as mãos um movimento para frente, reto)) aí fica melhor prá levá.*

P: *Assim como tu diz?*

S5: **Reto.**

P: *Reto, ahã.*

S5: *Prá cá reto, acho que assim ou assim, ai tudo torto.*

P: *Não tem problema. Só para ter idéia.*

S5: *Aí vou botar, **acho que eu vou botar algumas peças aqui, ao redor.***

P: *Tá.*

S5: ***Aí vou botar o RCX.** ((olha para a pesquisadora))*

P: *Pode fazer então.*

S5: *Ai meu Deus aqui o RCX ((desenha)) Assim. Desse jeito o RCX. ((olha para a pesquisadora))*

P: *Tá, mais ou menos isso daí.*

[...]

A imagem mental do sujeito, representada através da fala, pode ser resumida da seguinte forma: [...] *as rodas [...] aqui na frente tem uns blocos [...] aí eu vou botar um, circulozinho verde lá [...]* *Aí vou bota a garra, acho que a garra di, acho que assim ((reto)) [...].* *Acho que eu vou bota algumas peças aqui, ao redor [...]* *Aí vou botar o RCX.* Ainda que o sujeito não tenha verbalizado que usaria vigas na sua construção, observa-se claramente as vigas desenhadas na base do robô conectando as rodas, como podemos verificar na reprodução da representação através do desenho elaborada pelo Sujeito 5:

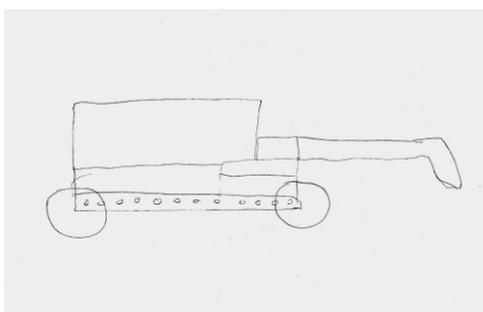


Figura 38: Representação inicial da solução final elaborada pelo Sujeito 5.

Fonte: Dados da pesquisa.

O sujeito parte então para a construção da sua solução para o problema utilizando o kit LEGO Mindstorms®. A **primeira etapa** da resolução do problema desse sujeito é a construção da base do robô, que foi orientada pela representação inicial e pelo esquema familiar de procedimento acionado pelo sujeito. Tal esquema vai sendo atualizado no desenrolar da conduta do sujeito, realizando as adaptações necessárias para a situação específica. Essas atualizações no esquema de procedimento do sujeito são evidenciadas nas “paradas” em que o sujeito observa o robô. Na primeira etapa, o sujeito realiza uma contração (C1) na construção da base do robô. Abaixo, o trecho onde o sujeito procede, guiado pelo Esquema Familiar, à montagem da base do robô na etapa um da resolução do problema:

[...]

S5: ((*abre o kit, separa as bandejas do kit* ϖ <368826>(0:06:08.8) *pega eixos, vigas, motor, pranchas, olha para a câmara, coloca engrenagem no motor, tira, observa, coloca uma engrenagem menor, observa, pega outro motor, coloca lado à lado, coloca uma luva no motor, e coloca um eixo, faz o mesmo no outro motor, os motores estão lado à lado, fixa um motor no outro com uma prancha, coloca vigas encaixadas no eixo, coloca eixos na outra ponta da viga, alonga com luvas, aperta, observa,* ϖ <701411>(0:11:41.4), *coloca buchas nos eixos da frente, coloca buchas atrás, coloca rodas largas atrás e estreitas na frente, testa empurrando para frente e para trás, o motor gira no eixo, pára e fica olhando para cima, olha para baixo* ϖ <891295>(0:14:51.3), *pega pranchas, coloca pranchas sobre as vigas, coloca mais pranchas sobre as vigas, cobre as vigas de pranchas, reforça com mais pranchas por baixo das pranchas, aperta com os dedos, observa* ϖ <1210395>(0:20:10.4) *encaixa blocos pretos na base, coloca o RCX sobre essa base, observa, coloca blocos pretos na volta do RCX, pega vigas, mede, conta, coloca também na lateral do RCX, observa, aperta, coloca cabos de ligação entre motor e RCX, tira os cabos, coloca mais blocos nas laterais, empurra com as mãos, o motor se movimentando, observa, coloca pranchas que fixam o motor na base, retira o RCX, coloca pranchas, faz que "sim" com a cabeça, coloca mais pranchas reforçando a base e as laterais, forma uma "caixa" para colocar o RCX, coloca os cabos, coloca mais pranchas no motor, coloca cabo no outro motor, observa, testa com as mãos coloca o RCX* ϖ <1679999>(0:28:00.0) *vira o robô, coloca mais pranchas por baixo das pranchas, desvira o robô, testa, observa, empurra as peças que estão sobre a mesa na direção do kit,* ϖ <1924319>(0:32:04.3)

[...]

O trecho acima selecionado exemplifica o desenrolar de uma conduta finalizada, guiada por um Esquema Familiar que auxilia o sujeito na etapa um. Depois de cada “parada”, expressa pela palavra “observa”, que o sujeito realiza, não existe uma mudança no rumo da ação, tão pouco há procedimentos de descoberta tentando *fazer falar o objeto*, o sujeito desenvolve seu procedimento baseado na representação inicial elaborada no início do experimento realizando alguns ajustes. É o controle descendente da ação que assegura que o sujeito desenvolva seu procedimento sem perder o objetivo final. As peças citadas por ele como necessárias para a construção do robô são selecionadas no kit. Além disso, observa-se que a construção da base realizada pelo sujeito está muito semelhante ao desenho produzido pelo sujeito quando ele explicou que colocaria rodas, blocos e desenhou vigas na base do robô. O fechamento da primeira etapa e o encadeamento da etapa seguinte fica muito evidente quando o sujeito empurra as peças sobre a mesa em direção ao kit, como se “limpasse” o local para prosseguir na etapa seguinte.

Na **segunda etapa** da resolução do problema, o sujeito constrói o anexo do robô que guiará o carro com problemas mecânicos para a oficina. Nesse momento, o sujeito aciona a representação inicial, mas focado no anexo do robô, como se realizasse uma aproximação nessa parte sem perder o objetivo final traduzido na representação inicial. Podemos dizer que o sujeito realizou, então, uma representação centrada no anexo do robô. Mais uma vez, o controle descendente assegura a coerência na conduta do sujeito na busca do seu objetivo. Novamente o sujeito aciona um Esquema Familiar para resolver essa etapa, mas esse esquema também é atualizado ao longo da sua conduta (C2), como podemos observar no extrato abaixo:

[...]

S5: ((observa, pega blocos verdes com furo em cruz, pega viga em L amarela o que chamou de garras, observa))

Deixa eu lembrá como é que eu fiz aquela vez... tá...

((coloca eixos nos blocos verdes, pega junta no kit, conecta, fixa na base do robô, coloca as vigas em L, mede, tira, fixa a viga no bloco))

S5: É grande o carrinho, será? <2006845>(0:33:26.8)

((Fixa a outra viga amarela no bloco, retira, procura uma junta, coloca, fixa o bloco na base do robô, faz o mesmo no outro lado, as vigas estão viradas para baixo. <2131181>(0:35:31.2)

Coloca mais blocos nas laterais, pega o carro vermelho, coloca no meio do anexo, tira, observa, aperta os encaixes observa, pega mais blocos, tira os blocos com as vigas encaixadas do anexo, coloca mais blocos para fixar, recoloca as vigas do anexo, levanta e vai até o carro, coloca o carro no meio das vigas, empurra para frente, observa, volta, guarda as peças que estão sobre a mesa, conecta os cabos, observa, empurra para frente e para trás <2385675>(0:39:45.7)))

S5: Sora eu acho que eu consegui terminar de fazer o carrinho, agora fazer a programação sora?

[...]

A frase “S: Deixa eu lembrá como é que eu fiz aquela vez... tá...” evidencia que a conduta do sujeito está mesmo sendo guiada pelo Esquema Familiar construído anteriormente nas suas experiências com Robótica Educacional. A “peça verde” verbalizada por ele como necessária para a construção do robô no início do experimento é a primeira peça que o sujeito seleciona do kit, depois as vigas amarelas que chamou de “garras”, também no início do experimento. Tal conduta confirma a hipótese de que o sujeito possui uma representação e um Esquema Familiar para resolver o problema e sua conduta é orientada por eles.

Observa-se que o sujeito havia guardado novamente as peças que sobraram sobre a mesa, encaminhando a finalização da etapa. Depois que o sujeito verbaliza que está encerrada a etapa dois da solução do problema, a pesquisadora questiona o sujeito buscando evidências de que o sujeito acionou os esquemas construídos anteriormente e aplicou, na medida em que atualizou esse esquema, na situação-problema que se apresentou ao sujeito. O diálogo está reproduzido abaixo:

[...]

P: Tá, *, me diz uma coisa, tu me disse lá quando eu comecei a conversar contigo, que tu tinha pensado numa solução ali prá levar o carrinho né, e que tu tinha pensado na primeira montagem que tu fez aqui no grupo e aí te deu essa idéia prá fazer essa montagem, conforme tu foi montando, tu continuou com aquela idéia do início?

S5: Algumas partes.

P: Algumas partes. E outras?

S5: Algumas eu fiz diferente, por exemplo, essas daqui eu fiz diferente ((aponta os blocos verdes encaixados na base)) mas aqui eu fiz a mesma... mesmo jeito ((aponta os blocos nas laterais)).

P: E porque tu fez diferente?

S5: Ah, prá tentar levar o carrinho.

P: Tu achou que aquele outro jeito não ia levar?

S5: É...

P: Ahã, beleza. Então tu acha que agora com essa montagem tu vai conseguir levar?

S5: Eu acho.

P: O que que tá faltando?

S5: A programação.

[...]

As respostas do sujeito evidenciam mais uma vez que sua conduta foi guiada por uma representação centrada e por um Esquema Familiar que foi atualizado ao longo do seu procedimento de resolução do problema. O esquema selecionado, no caso do Sujeito 5, auxiliou na construção do anexo para o robô. A segunda etapa foi encerrada pelo sujeito quando ele verbaliza: “S: Sora eu acho que eu consegui terminar de fazer o carrinho, agora fazer a programação sora?” Na medida em que o sujeito encerrou a etapa dois dizendo: “Sora eu acho que eu consegui terminar de fazer o carrinho”, o sujeito encaminha a etapa seguinte dizendo: “...agora fazer a programação sora?”.

Na **terceira etapa** da resolução do problema, o sujeito elabora a programação para movimentar o robô. O sujeito procede abrindo o programa Robolab® na tela do computador e seleciona os ícones que considera adequado para a programação (C3). Para que o sujeito possa agir dessa forma, ele seleciona um Esquema Familiar de procedimento de programação, pois seleciona somente os ícones necessários para programar. Caso não tivesse construído anteriormente esse esquema de procedimento, o sujeito procederia através de procedimento de descoberta, tentando *fazer falar o objeto*. O sujeito então constrói a seguinte programação na tela do computador e transfere para o microcontrolador RCX:

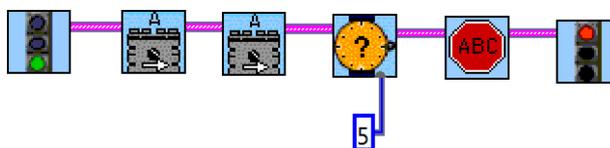


Figura 39: Primeira programação construída pelo Sujeito 5:

Início da programação / Motor A gira para a direita / Motor A gira para a esquerda / Durante 5 segundos / Desliga motor ABC / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Até aqui, a conduta do sujeito foi guiada por representações e Esquemas Familiares que auxiliaram a conduta do sujeito na direção da resolução do problema. Desse ponto em diante, inicia uma **quarta etapa** da resolução do problema em que o sujeito se confrontará com uma série de problemas desencadeados pelas testagens realizadas no robô e que exigirá novas centrações e estratégias individuais para resolver esses problemas.

O sujeito posiciona o robô atrás do carro com problemas mecânicos e liga o robô, mas ele não funciona de acordo com a expectativa do sujeito como podemos verificar no extrato abaixo:

[...]

S5: ((liga a programação, liga o RCX, coloca em frente à torre de transmissão e transfere a programação para o RCX <3371549> levanta e vai até o carro, posiciona o robô atrás do carro, liga e o robô se movimenta na

direção da casa e pára, ele pega o robô, posiciona novamente, liga e o robô anda novamente um pouco e pára, observa, volta para a tela do computador onde está a programação))

S5: ((sussurra algo))

*S5: ((altera o tempo do giro do motor na programação, transfere para o RCX, levanta, posiciona o robô, liga, o robô se movimenta um pouco e pára, o sujeito volta para o computador, **transfere novamente a programação**, posiciona o robô atrás do carro, liga, o robô se movimenta e pára logo em seguida novamente, ele posiciona de novo, liga, anda um pouco, pára, ele olha por baixo do robô sem tocar nele, empurra as rodas com as mãos, o robô se movimenta mais um pouco lentamente e pára))*

*S5: **Tá torto, aí ele não conseguiu.**((o carro se atravessou na frente do robô))*

[...]

O robô construído e programado pelo sujeito não consegue alcançar a casa numa primeira tentativa. O fracasso faz com que o sujeito passe pelo processo de Tomada de Consciência e procede aumentando o tempo do giro do motor de 5 segundos para 10 segundos (C4). Em seguida, testa novamente, mas o problema não se resolve, pois o robô não alcança a casa. Então ele transfere mais uma vez a programação, pois acredita que a programação pode não ter chegado ao RCX e, por isso, o robô não está se movimentando o tempo suficiente para alcançar a casa. Ele testa e o robô não alcança a casa mais uma vez.

Depois de observar o movimento do robô empurrando o carro, o sujeito verbaliza que o carro com problemas mecânicos está “entortando” na frente do robô, o que faz com que o robô não consiga deslizar até a casa. Ele testa mais uma vez, confirmando sua hipótese de que o carro está se atravessando na frente do robô. O sujeito elabora então sua estratégia e passa a modificar o anexo do robô (C5), alongando a “garra” do robô, pois acredita que o anexo do robô está muito curto, fazendo com que o carro se “atrasse” na frente do robô, como podemos verificar na transcrição abaixo:

[...]

*P: <3602234> O que que tá dando errado * ?*

S5: Não, é que o carrinho tá entortando, tem que tá um pouquinho maior ((o anexo)).

P: E o que que tem que fazer prá melhorar?

*S5: **Eu acho que tem que tá um pouquinho maior assim a garra.***

P: A garra?

S5: Sim... Eu acho.

((alonga o anexo, vai até o carro para testar))

S5: Vamo ver agora.

[...]

Depois da modificação do anexo, o sujeito testa o robô que se movimenta até se chocar contra a casa. Ele verbaliza que será necessário modificar o tempo da programação e procede modificando o tempo, como podemos observar na reprodução da programação abaixo:

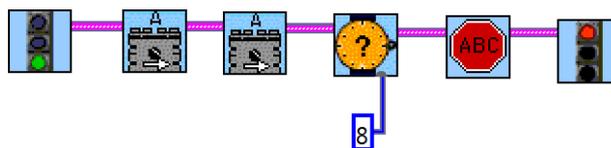


Figura 40: Terceira programação construída pelo Sujeito 5:

Início da programação / Motor A gira para a direita / Motor A gira para a direita / Durante 8 segundos / Desliga motor ABC / Fim da programação.

Fonte: Dados da pesquisa.

O sujeito transfere a programação e testa, mas observa-se que ele possui mais uma hipótese sobre o problema do robô. Ele acredita que, além do problema do programa, a roda está “patinando”, como podemos constatar no extrato abaixo:

[...]

S5: ((pega o robô e o carro e posiciona no ponto inicial)) Vamo ver se dá agora sora, vamo vê, é que as vezes ele tranca sora aqui por causa que tá...

P: Tranca porque mesmo que tu falou?

S5: Por causa que tá patinando nessa roda.

[...]

Ainda que o sujeito tenha modificado o tempo da programação, ele acredita que o problema também está na roda do robô. Ele testa o robô, que continua sem conseguir alcançar a casa, o sujeito procede então colocando blocos que servirão como peso para aproximar a roda do chão (C6). Diz ele: “*S5: Eu vou tentar botar mais uns blocos aqui prá ver se ele consegue... com o peso dele prá baixar.* □<3802424>” Depois disso, o sujeito testa mais uma vez e o robô ainda não funciona como desejado. O sujeito então procede trocando as rodas do robô e testa novamente. O robô se movimenta e pára muito perto da casa. Testa mais algumas vezes e o mesmo acontece. O sujeito olha para a programação na tela do computador, observa por um instante e modifica a programação (C7) dizendo: “*S5: Só um motor tava indo prá frente, agora que eu vi, um tava só acompanhando o outro.* □<4334183>”. O sujeito passa pelo processo de Tomada de Consciência e percebe que não havia selecionado o outro motor na programação, e modifica a programação selecionando o outro motor na programação.

Após modificar a programação, o sujeito testa o robô, que se movimenta agora com os dois motores e se choca contra a casa. Ele diz: “*S5: Foi muito agora, muita velocidade.*” E procede diminuindo o tempo de giro do motor para 3 segundos. O sujeito testa o robô, que ainda se choca contra a casa. Ele diminui mais uma vez o tempo de giro do motor de 3 segundos para 2,6 como podemos observar abaixo:



Figura 41: Sexta programação construída pelo Sujeito 5:
 Início da programação / Motor A gira para a direita / Motor C gira para a direita / Durante 2,6 segundos /
 Desliga motor ABC / Fim da programação.
 Fonte: Dados da pesquisa.

O sujeito posiciona o robô, liga, e o robô se movimenta parando bem na frente da casa. O sujeito exclama: “S: *Feito!!! ((olha para a pesquisadora, sorri e vibra com os braços))*”. Depois disso, o experimento é dado como encerrado.

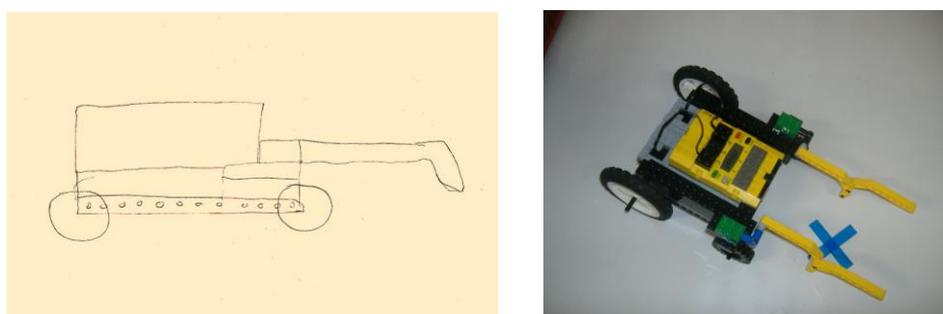


Figura 42: Representação inicial e solução final do problema construída pelo Sujeito 5.
 Fonte: Dados da pesquisa.

O procedimento de resolução do problema do sujeito 5 pode ser dividido, para fins de análise, em quatro etapas. Em cada uma dessas etapas o sujeito realiza centrações para resolver problemas na busca da solução final retratada pela representação inicial elaborada pelo sujeito. Depois de elaborar a representação inicial, no caso do Sujeito 5, sua conduta é orientada inicialmente por um Esquema Familiar que possibilita a construção da base do robô (C1). A conduta se desenrola e o sujeito realiza atualizações no esquema inicial, marcado por “paradas” na sua conduta. Na etapa dois, o sujeito realiza uma centração (C2) na construção do anexo do robô e aciona um Esquema Familiar que, assim como o esquema anterior, vai sendo atualizado ao longo da conduta do sujeito. Na terceira etapa, o sujeito aciona outro Esquema Familiar que auxilia o sujeito na construção da programação (C3). Na quarta etapa da resolução do problema, o sujeito realiza uma série de centrações em problemas desencadeados pelas testagens. Cada centração é antecedida por processos de Tomada de Consciência que possibilitam a resolução do problema. Os problemas e respectivas centrações realizadas pelo sujeito na etapa quatro referem-se a problemas na programação (C4 e C7), problemas no anexo (C5), e problemas nas rodas (C6). Os procedimentos exploratórios, observados na etapa quatro da estratégia do sujeito, tem o objetivo de atualizar o esquema familiar acionado no início de cada etapa.

A Figura 43 representa a tentativa de sistematizar o procedimento de resolução do problema do Sujeito 5:

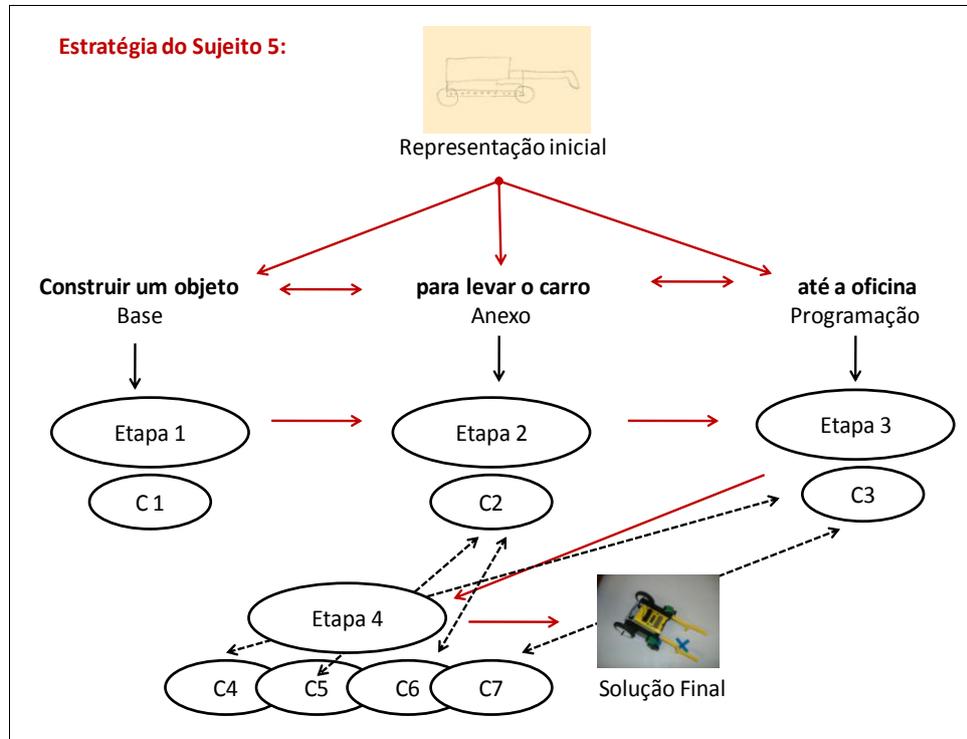


Figura 43: Esquema da estratégia de resolução elaborada pelo Sujeito 5.
 As setas inteiras representam a passagem para a etapa seguinte, já a seta pontilhada representa a retomada de etapas anteriores.
 Fonte: Dados da pesquisa.

6.6 O CASO DO SUJEITO 6

- Idade: 11 anos
- Tempo que frequenta as aulas de robótica: 1 ano 6 meses
- Tempo total usado para solucionar o problema: 43min

O experimento inicia com as instruções sendo lançadas ao sujeito, que verbaliza que construirá um robô parecido com o robô “tirando a mesa”, construído anteriormente por ele nas aulas de robótica. Diz também que vai usar “muitas peças” na montagem do robô, tais como: vigas, blocos, rodas, engrenagens, buchas e eixos. Observa-se que o sujeito elaborou uma representação inicial para resolver o problema baseado nas construções realizadas por ele nas aulas de robótica. Observa-se também que o sujeito construiu anteriormente alguns esquemas de procedimento para realizar a montagem, pois verbaliza quais são as peças necessárias para a construção do protótipo.

A pedido da pesquisadora, o sujeito representa através do desenho a imagem mental elaborada por ele como solução para o problema. Abaixo, podemos verificar a reprodução do desenho:

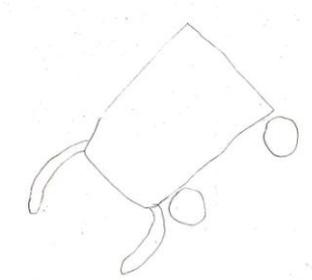


Figura 44: Representação inicial da solução final elaborada pelo Sujeito 6.
Fonte: Dados da pesquisa.

Depois de concluir o desenho, o sujeito explica sua representação *S6: ele é retangular, tem umas rodas médias e tem tipo uns ganchinhos assim*. Depois disso, o sujeito inicia a montagem do objeto.

Na **primeira etapa** da conduta do sujeito, ele constrói a base do robô acionando um esquema familiar (C1). Ao longo do seu procedimento, o sujeito realiza uma contração (C2) para resolver o encaixe das engrenagens no motor, atuando através de procedimentos de descoberta e, dessa forma, atualizando o esquema acionado inicialmente para a construção da base. Abaixo, podemos verificar o procedimento de construção da base do robô orientado por um esquema familiar e atualizado para a situação específica no caso das engrenagens:

S6: <289697>(0:04:49.7) ((pega RCX, conecta vigas, mede vigas, coloca conectores, tira, pega pranchas, pega mais pranchas, conecta nas vigas, conecta motor, conecta viga, observa, mede RCX, desmonta, remonta, coloca engrenagem, observa, coloca eixo atravessado na viga, conecta eixo e engrenagem, tira, conecta as engrenagens do motor e do eixo, desmonta, recoloca o motor em contato com as engrenagens, coloca rodas, fixa com buchas, observa, gira a engrenagem, observa, faz o mesmo do outro lado da viga, eixos, buchas, rodas e buchas, desencaixa, suspira fundo, desmonta, observa, troca as engrenagens, recoloca as rodas, testa empurrando prá lá e prá cá, vibra, seleciona mais vigas, conecta, fixa na lateral das vigas, faz o mesmo do outro lado, coloca o RCX, tira, pega rodas, pega eixo, coloca na frente, tira, alonga eixo com luvas, coloca buchas, gira o eixo, coloca buchas, coloca rodas nos eixos, testa, troca as rodas por rodas maiores, troca as quatro rodas, testa empurrando, coloca buchas, liga o RCX, desliga, coloca na base, aperta, testa, coloca cabos, liga o motor ao RCX)) **Tá quase, tá quase, tá quase, feito!** Tomara que esteja funcionando, agora, deixa eu ver aqui ((empurra o robô com as mãos)) <1922173>(0:32:02.2)

O sujeito verbaliza espontaneamente S6: (...) *Tá quase, tá quase, tá quase, feito!* Marcando a finalização da etapa um e o encadeando da segunda etapa. Na **segunda etapa**, o sujeito parte para a programação do objeto, abrindo o programa Robolab® na tela do computador e construindo sua primeira programação orientada por um esquema familiar (C3). A primeira programação construída pelo sujeito pode ser observada na reprodução abaixo:



Figura 45: Primeira programação construída pelo Sujeito 6:
Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 10 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.
Fonte: Dados da pesquisa.

Depois de construir a programação e transferi-la para o RCX do robô, o sujeito verbaliza: S6: *Ah me esqueci de uma coisinha aqui.* Então, conecta vigas em L nas laterais do RCX. Através dessa conduta, observa-se que o sujeito não realiza uma centração para construir um anexo para o robô, pois a base e o anexo do robô para o Sujeito 6 compõem um “todo”. O sujeito apenas atualiza o esquema inicial de construção da base onde o anexo já faz parte e conecta as vigas em L nas laterais do RCX. Portanto, a partir dessa conduta, incluindo ela, pode-se dizer que o sujeito inicia a terceira etapa da resolução do problema, onde resolve os problemas da montagem e programação na busca da solução final.

Na **terceira etapa** de resolução do problema, iniciando com a retomada do anexo das garras nas laterais do RCX (C4), o sujeito passa a realizar testes no robô e a ajustar o tempo da programação para levar o carro até a casa (C5). Na primeira testagem, o sujeito posiciona o carro na direção da casa sem o carro na frente do robô e liga. O robô se movimenta e se choca contra a casa. O sujeito então posiciona de novo o robô no ponto inicial, ainda sem o carro na frente e liga, enquanto o robô se movimenta na direção da casa, o sujeito conta os segundos

até chegar na casa. Ele volta para a tela do computador e modifica a programação para 6 segundos de tempo de giro do motor, como podemos observar na reprodução abaixo:



Figura 46: Segunda programação construída pelo Sujeito 6:
Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 6 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.
Fonte: Dados da pesquisa.

O sujeito transfere a programação para o RCX do robô e testa novamente. Posiciona o robô sem o carro e liga o robô, ele se movimenta na direção da casa e se choca contra ela. Ele diminui novamente o giro do motor para 5 segundos e transfere novamente. Posiciona e liga, o robô se movimenta e pára bem próximo da casa. O sujeito questiona a pesquisadora: *S6: Tá bom aqui sora?* Ao que a pesquisadora responde: *P: Tu que sabe quando está bom.*

O sujeito então aumenta o tempo de giro do motor para 5,5 segundos e transfere para o RCX. Testa mais uma vez sem o carro e chega muito perto da casa. O sujeito reposiciona o robô, agora com o carro na frente, e o robô pára antes de chegar na casa. O sujeito verbaliza: *S6: mais um pouquinho!* E modifica para 6,0 segundos o tempo do giro do motor. Testa novamente com o carro e diz: *S6: Mais um pouco!* Nesse momento, a pesquisadora questiona o sujeito: *P: Antes tava chegando e agora não tá, porque?* Ao que o sujeito responde: *S6: Por causa do peso do carro.* A pesquisadora fez esse questionamento para confirmar se o sujeito havia considerado o peso do carro como fator para alterar a programação. O sujeito então modifica mais uma vez a programação, que pode ser observada na reprodução abaixo:

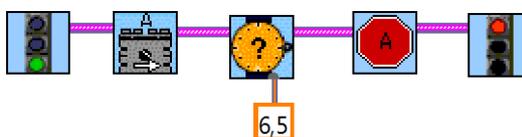


Figura 47: Sexta programação construída pelo Sujeito 6:
Início da programação / Motor A gira para a direita / Durante 6,5 segundos / Desliga motor A / Fim da programação.
Fonte: Dados da pesquisa.

Transfere a programação para o RCX do robô. Testa mais uma vez e o robô desvia do trajeto, se chocando contra a parede da mesa. Posiciona novamente e liga, o robô desliza na direção da casa e pára bem próximo a ela. O sujeito exclama: *S6: Consegui!* Nesse momento, o experimento é dado como encerrado.

A estratégia de resolução do problema para o Sujeito 6 pode ser dividida em três etapas encadeadas. Depois de elaborar a representação inicial para resolver o problema, o sujeito aciona um Esquema Familiar para construir a base do robô (C1). A conduta se desenrola até que o sujeito realiza uma centração para resolver o problema do encaixe das engrenagens na base do robô (C2). Tal centração faz com que o sujeito atualize o esquema acionado inicialmente através de procedimentos exploratórios. Na etapa dois, o sujeito constrói a programação do objeto guiado por um esquema familiar (C3). Na terceira etapa, realiza uma correção na construção onde havia esquecido de conectar as garras do robô (C4), em seguida, passa a testar o robô e ajustar a programação (C5) através de procedimentos de descoberta, quando dá por encerrada a resolução do problema.

A Figura 48 representa a tentativa de sistematizar o procedimento de resolução do problema do Sujeito 6:

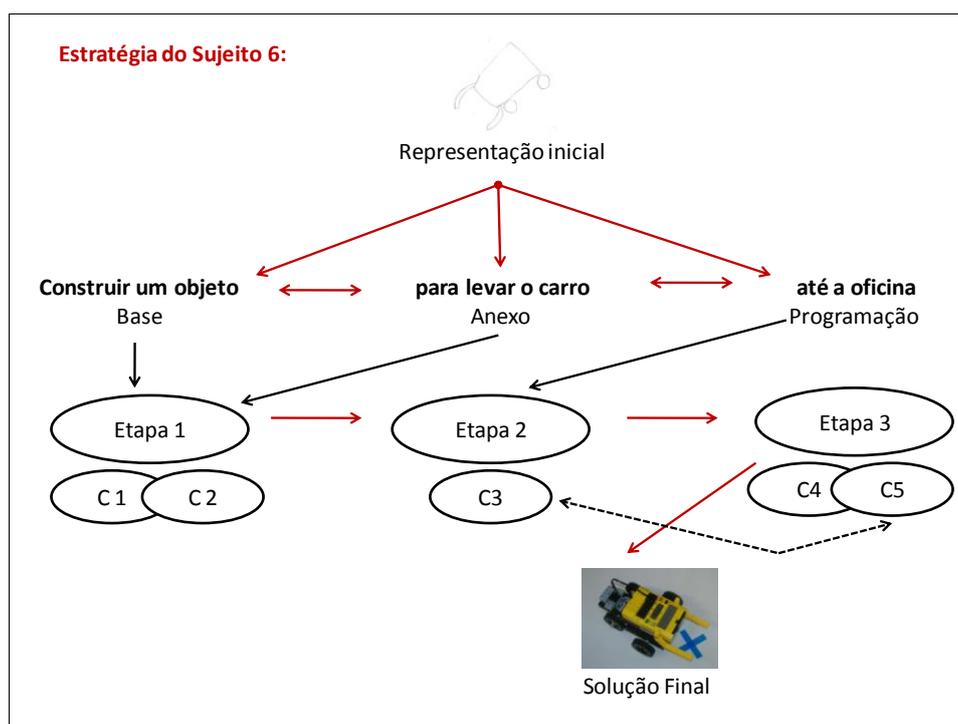


Figura 48: Esquema da estratégia de resolução elaborada pelo Sujeito 6.

As setas inteiras representam a passagem para a etapa seguinte, já a seta pontilhada representa a retomada de etapas anteriores.

Fonte: Dados da pesquisa.

6.7 SÍNTESE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao final da análise microgenética do experimento realizado com seis sujeitos que resolveram o problema de “construir um objeto que levasse o carro que estragou no meio da estrada até a oficina mecânica” alguns aspectos da conduta desses sujeitos evidenciaram semelhanças enquanto outros aspectos se mostraram bastante diferenciados.

A estratégia de resolução do problema, da maior parte dos sujeitos, pode ser representada pelo seguinte esquema:

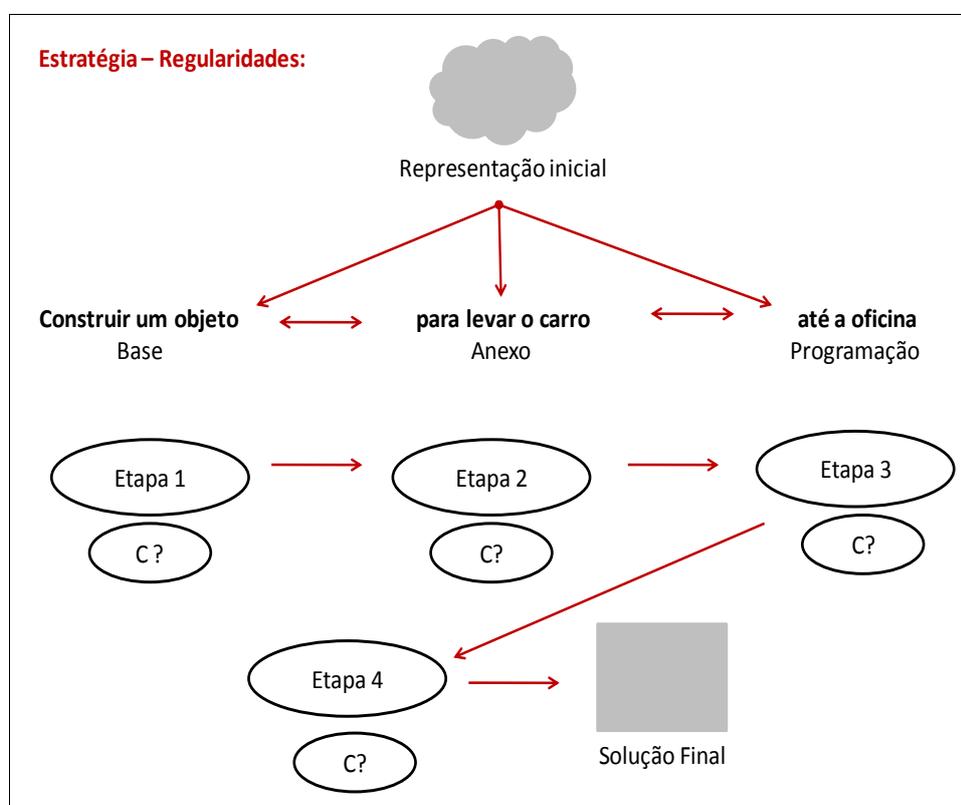


Figura 49: Esquema da regularidade das estratégias verificada na maior parte dos procedimentos de resolução do problema.

Fonte: Autoria Própria.

No esquema acima, se observa uma representação das regularidades nas estratégias cognitivas verificadas na maior parte dos sujeitos analisados. De maneira geral, verificou-se que os sujeitos elaboraram uma representação inicial da solução final para resolver o problema. Em seguida, essa representação inicial foi dividida em três etapas: construção da base, do anexo e da programação. A construção de cada uma dessas partes do objeto apresentou-se como um desafio ou problema a ser resolvido pelo sujeito. A ordem de resolução de cada um desses problemas mostrou-se igual na maior parte dos sujeitos. Em cada

uma das etapas da resolução, o sujeito realizou, no mínimo, uma centração para resolver um problema. Na etapa quatro, os sujeitos realizaram uma série de testes no objeto e retomaram as centrações anteriores ou realizaram novas centrações com o objetivo de construir a solução final para o problema.

Observa-se que, depois de lançar as instruções, todos os sujeitos elaboraram uma representação para auxiliar na solução do problema. Com exceção do Sujeito 3, que sugeriu um guincho, todas as demais representações têm origem nos objetos construídos ao longo das aulas de Robótica Educacional que, por sua vez, originam-se nos Esquemas Familiares dos sujeitos. Observa-se também que, com exceção do Sujeito 3, que não conseguiu resolver o problema, e do Sujeito 2, que modificou o rumo da sua estratégia, todos os demais sujeitos construíram um objeto final muito semelhante àquele representado inicialmente através da teleonomia do desenho.

Além da representação inicial elaborada pelo sujeito, ao longo do procedimento foram construídas representações centradas que possibilitaram que o sujeito resolvesse determinado problema. Podemos dizer que a representação inicial é a imagem mental do objeto como um “todo”, mas a cada etapa orientada por um esquema familiar, uma nova centração é realizada e uma nova representação “focada” é elaborada pelo sujeito para resolver o problema da base, do anexo ou da programação. Importante ressaltar também que a construção da programação para o robô exige que o sujeito elabore também uma representação a cerca do espaço que separa o carro da casa. Essa representação elaborada pelo sujeito ajudará na construção da programação orientada pelo Esquema Familiar, uma vez que o sujeito precisa transformar a distância que separa o carro da casa em tempo do giro do motor para fazer com que o robô se movimente na direção da casa.

A representação inicial elaborada pelos sujeitos, facilitou a resolução do problema na maior parte dos casos. Para o Sujeito 3, a representação de um “guincho” como solução para o problema e a dificuldade em abandonar essa representação foi determinante para o seu fracasso. No caso do Sujeito 2, ainda que tenha construído um objeto muito semelhante à sua representação inicial, ele não obteve êxito, precisando substituí-la por outra mais adequada. Dessa forma, conclui-se que a representação inicial do Sujeito 2 e 3 foi um obstáculo à solução do problema. Para construir o objeto elaborado através da representação mental de cada sujeito, foi acionado um Esquema Familiar. Assim, podemos dizer que, tanto a representação mental elaborada quanto o esquema familiar acionado pelos Sujeitos 2 e 3, dificultaram a resolução do problema no caso desses sujeitos.

Podemos dizer que a elaboração de uma representação acerca do objeto final não é suficiente para resolver o problema, pois é necessário que o sujeito tenha construído esquemas que possam levá-lo a resolver o problema ou servir como indicativo do caminho a ser seguido. Assim, os esquemas podem indicar ações iniciais que, por sua vez, podem sinalizar outras ações através dos procedimentos de descoberta e, dessa forma, podem se atualizar para a situação específica. No caso dos Sujeitos 2 e 3, para os quais a representação elaborada acerca do problema mostrou-se um obstáculo para a resolução, observa-se que esses sujeitos não haviam construído anteriormente esquemas suficientes para orientar essa ação. No caso do Sujeito 2, ele não sabia como proceder para construir um anexo que se elevasse satisfatoriamente como projetou no seu objetivo inicial. Para tanto, necessitaria construir um anexo com uma caixa de redução, por exemplo, mas esse tipo de ação não era um esquema de procedimento possível para o Sujeito 2. Observa-se que o Sujeito 2 construiu sua estratégia acionando alguns esquemas que o orientaram na construção de um anexo inicial e, posteriormente, buscou atualizar esse esquema através da sua ação, mas não obteve êxito, o que o levou a abandonar a representação inicial e elaborar uma nova representação centrada no anexo que possibilitou a conclusão do objeto. Já no caso do Sujeito 3, ele também não possuía esquemas suficientes que o auxiliassem na construção de um “guincho”. Talvez o Sujeito 3 tivesse alguns esquemas que pudessem ser acionados e atualizados através da ação, mas observa-se que desde o início o sujeito mostrou-se inseguro com relação ao êxito, verbalizando que poderia não conseguir construir o objeto. Tal atitude fez com que o sujeito não procedesse a atualizações através da ação, pois a representação “guincho” tornou-se uma pseudonecessidade no caso do Sujeito 3.

Observa-se também que todos os sujeitos, com exceção do Sujeito 3 que não conseguiu resolver o problema, construíram sua estratégia dividindo o problema em etapas encadeadas. A conduta dos Sujeitos 2, 4 e 5 pode ser dividida em quatro etapas identicamente sucessivas. Já a conduta dos Sujeitos 1 e 6 diferencia-se na seqüência das etapas, pois construíram a base, depois a programação, para só então construir o anexo do robô. Dessa verificação, conclui-se que existiu uma regularidade no procedimento de resolução do problema de Robótica Educacional que pode ser expressa da seguinte maneira:

Etapa 1 – Construção da base do robô

Etapa 2 – Construção do anexo do robô

Etapa 3 – Construção da programação do robô

Etapa 4 – Resolução de problemas desencadeados pelos testes “*Bugs*”

Ainda que a seqüência de ações apresente certa regularidade, as estratégias baseadas em representações de cada sujeito diferem totalmente uma da outra, como pode ser verificado no esquema da estratégia de resolução ao final de cada análise dos sujeitos. A regularidade na estratégia de resolução do problema, observada na maior parte dos casos analisados, poderia ser atribuída à experiência dos sujeitos com Robótica Educacional que proporcionou a construção de esquemas semelhantes. É importante ressaltar que esses sujeitos trabalham em um grupo único na aula de Robótica Educacional, no caso, a Equipe de Robótica da escola. Tal experiência poderia fazer com que os sujeitos construíssem soluções bastante semelhantes, uma vez que passaram por situações-problema igualmente semelhantes. É importante enfatizar, ainda, que isso não quer dizer que os sujeitos possuam Esquemas Familiares iguais, uma vez que Esquemas Familiares, segundo Inhelder e Cellérier (1996), são sempre individualizados, portanto diferentes para cada sujeito.

Observa-se que a conduta dos sujeitos, no início de cada etapa, é guiada por um Esquema Familiar acionado por ele devido à pertinência à situação. No desenrolar do procedimento ao longo da etapa, o esquema acionado inicialmente é atualizado através de procedimento de descoberta ou procedimentos exploratórios onde o sujeito atua através de tentativas, erros e acertos para confirmar ou descartar sua hipótese. Os procedimentos de descoberta ou exploratórios evidenciam a intencionalidade do sujeito em atualizar o esquema inicial. Porém, o procedimento exploratório do tipo “fazer falar os objetos”, evidenciado na conduta do Sujeito 3, por exemplo, não demonstra a busca por uma atualização do esquema, busca apenas a manipulação do objeto como se o sujeito esperasse uma resposta do objeto através dessa manipulação. Também quando o esquema familiar é abandonado por completo, o sujeito fica temporariamente sem a representação da solução para o problema, até que um novo esquema familiar é acionado. É nesse momento que podem se evidenciar as condutas do tipo “fazer falar os objetos”. Inhelder e Cellérier (1996) atentaram ainda que o procedimento exploratório do tipo *fazer falar o objeto* foi observado no início da conduta de alguns sujeitos quando ainda não haviam elaborado sua estratégia.

Na medida em que o esquema acionado no início de cada etapa é atualizado, acompanhamos a evolução de um esquema que passa de rotina, a primitiva, até se tornar um esquema de procedimento, tal como escreveu Saada-Robert (1996) e Lopes e Fagundes (2006). Um exemplo de atualização de um esquema familiar foi evidenciado na conduta do Sujeito 4. No início da etapa dois, o Sujeito 4 acionou um esquema para a construção do anexo do robô. Ao acionar esse esquema como pertinente para resolver a centração, evidencia-se a formação da rotina. O esquema eleito pelo sujeito se referia a um esquema

conhecido anteriormente por ele como “garra do Robô Jogador de Futebol”. O esquema rotina não se atualiza em forma de primitiva, uma vez que o controle ascendente altera a direção da conduta no sentido de substituir o esquema acionado inicialmente por outro mais adequado. Já o esquema familiar acionado para a construção de um anexo fixado na lateral do RCX atualiza-se como necessário à situação, passando então a ser uma primitiva. Em seguida, a primitiva coordena-se com outras primitivas-chave da solução, como é o caso das ações para ajustar a garra, tornando-se um esquema de procedimento do Sujeito 4.

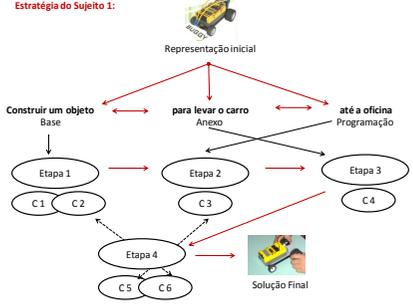
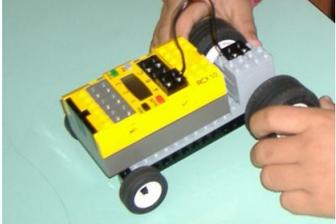
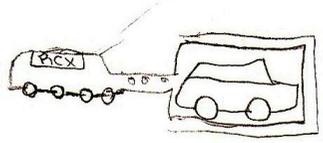
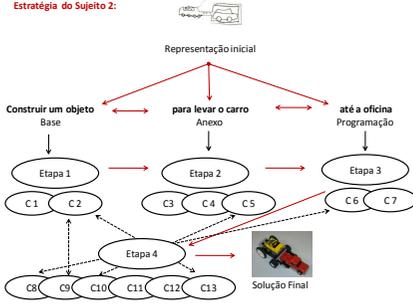
Os esquemas familiares desempenham um papel importantíssimo na resolução do problema, pois parece ser através desses esquemas que a representação do problema e do objetivo se organizam para o sujeito. Portanto, uma tarefa será mais difícil de ser resolvida se o esquema acionado se mostrar inadequado para tornar a situação mais familiar aos olhos do sujeito. Mas, se o esquema familiar é necessário para conferir sentido ao problema, então como o sujeito pode rejeitar um elemento cognitivo que caracteriza a representação que ele tem do problema como ocorreu com o Sujeito 4, por exemplo? Ao longo da observação do desenrolar da conduta dos sujeitos, pareceu que inicialmente o indivíduo não contempla uma série de informações que só se revelarão através da ação dele sobre o objeto. Reveladas essas “inadequações” do esquema familiar acionado, o sujeito se vê obrigado a corrigir o rumo das suas ações através do controle ascendente, abandonando o esquema familiar acionado inicialmente e acionando outro mais adequado. Portanto, mais uma vez, a ação do sujeito no meio físico se apresenta como instrumento fundamental de construção do seu conhecimento sob o enfoque microgenético.

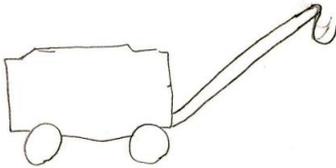
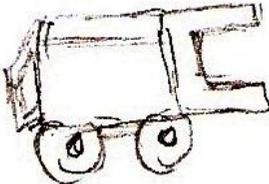
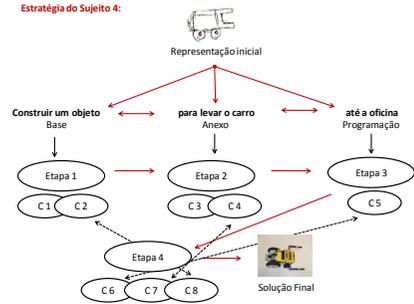
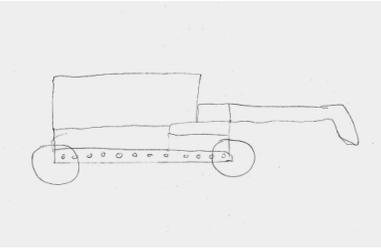
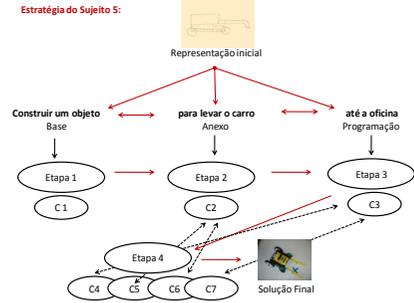
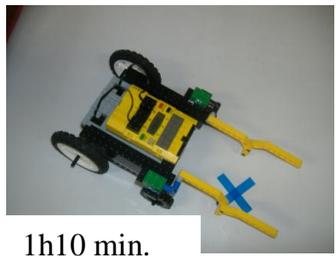
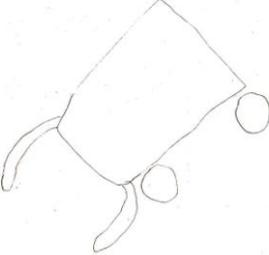
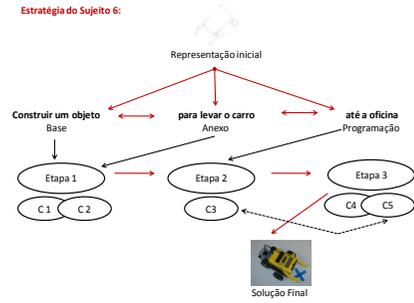
O número de centrações, em cada etapa do procedimento de resolução realizada por cada um dos sujeitos que participaram da investigação, variou de uma centração até três centrações nas etapas 1, 2 e 3. Já na etapa 4, onde a maior parte dos sujeitos resolveu problemas desencadeados pelos testes, as centrações variaram de duas (no caso do Sujeito 6) até seis centrações (no caso do Sujeito 2). Cada uma das centrações refere-se à resolução de um problema específico da etapa que compõe a solução final. É como se o sujeito focasse uma parte do objeto a ser construído sem perder a visão do “todo”, num movimento de “ir e vir”, ou “parte-todo”, constante ao longo do procedimento de resolução.

Cada etapa da resolução do problema é orientada por um esquema familiar específico que pode passar por atualizações na própria etapa ou na etapa final. Observa-se que, na etapa final da conduta dos sujeitos, há uma série de retomadas de etapas anteriores na busca de resolver problemas que já haviam sido focados em outras etapas. No momento da testagem do objeto, vários “bugs” ocorrem, exigindo que o sujeito retome centrações anteriores e proceda

a atualizações no esquema familiar inicialmente acionado. As heurísticas dos sujeitos se evidenciam justamente quando o sujeito é exigido a atualizar seu esquema inicial. O procedimento de descoberta, ou exploratório, como foi chamado até aqui, é o momento em que se evidenciaram as individualizações de procedimentos, uma vez que esses procedimentos dependem exclusivamente do conhecimento construído anteriormente pelos sujeitos através das suas ações. As heurísticas se evidenciam em todas as etapas da resolução do problema, mas ocorrem mais intensamente na última etapa da estratégia do sujeito, quando o sujeito é intensamente solicitado a retomar a construção, a programação e resolver problemas.

Portanto, a atualização dos esquemas familiares parece desempenhar um papel fundamental nas heurísticas do sujeito. Justamente quando não conduzem diretamente à solução do problema e exigem novas contrações e retomadas, os procedimentos de descoberta que levam à atualização dos esquemas familiares evidenciam os processos individuais, bem como as heurísticas da conduta do sujeito. Um esquema familiar que se mostra inadequado à determinada situação carrega em si uma nova possibilidade ou um novo possível (PIAGET, 1985). Cada procedimento que evidencia a intencionalidade do sujeito em atualizar o esquema familiar acionado inicialmente exemplifica o processo de abertura cognitiva para novos possíveis. É através dessas atualizações (aberturas) que os sujeitos constroem na ação suas descobertas. Para o pesquisador que analisa o processo de construção microgenética do sujeito, é exatamente ali que se revelam os processos criativos.

<p>Sujeito</p>	<p>Representação linguagem</p>	<p>Representação desenho</p>	<p>Estratégia</p>	<p>Solução Final Tempo</p>
<p>SUJEITO 1</p>	<p>“Tipo o Buggy”</p> <p>Rodas, eixos, pranchas, buchas, motores, blocos, um motor (não precisa ser forte).</p>	 <p>(Imagem da montagem a que se referiu o sujeito copiada da revista LEGO ZOOM)</p>	<p>Estratégia do Sujeito 1:</p> 	 <p>42 min.</p>
<p>SUJEITO 2</p> <p>Fase 1</p> <p>***</p> <p>Fase 2</p>	<p>“É quadrado daí tem um encaixe nele e leva ele até a oficina.... desce o coisinha quadrado e leva ele até aqui.”</p> <p>Motores, RCX e peças que for preciso.</p> <p>“Então sora vamo fazer assim, dá prá tirar isso e bota um coisa aqui assim?”</p>	 <p>***</p>	<p>Estratégia do Sujeito 2:</p> 	 <p>5h 30min.</p>  <p>30 min.</p>

<p>SUJEITO 3</p>	<p>“Tipo um guincho”</p> <p>Vigas, blocos, buchas, motores, cabos, rodas e mais outras coisas.</p>		<p>***</p>	<p>NÃO CONSEGUIU CONSTRUIR</p> <p>34 min.</p>
<p>SUJEITO 4</p>	<p>“Tipo o futebol”</p> <p>Vigas, conectores, buchas, eixos, e prá levar tipo uma garra. Fazer a base e colocar os motores.</p>		<p>Estratégia do Sujeito 4:</p> 	 <p>1h20min.</p>
<p>SUJEITO 5</p>	<p>“Um carrinho”</p> <p>“(…)as rodas(…) aqui na frente tem uns blocos(…) aí eu vou botar um, circulozinho verde lá(…) Aí vou bota a garra, acho que a garra di, acho que assim ((faz com as mãos um movimento para frente, reto))(…)acho que eu vou botar algumas peças aqui, ao redor(…)Aí vou botar o RCX.”</p>		<p>Estratégia do Sujeito 5:</p> 	 <p>1h10 min.</p>
<p>SUJEITO 6</p>	<p>“Muitas ((sorri)), vigas, blocos, as rodas, engrenagens, buchas, eixos, ((pensa)) mais algumas coisas.”</p>		<p>Estratégia do Sujeito 6:</p> 	 <p>43min.</p>

Quadro 1: Quadro Síntese
 Fonte: Autoria Própria.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final dessa pesquisa, na qual se objetivou investigar as estratégias cognitivas de resolução de problemas em Robótica Educacional, baseada na teoria das Microgêneses Cognitivas de Inhelder, é importante ressaltar alguns pontos que parecem importantes para pensar a teoria e a prática a partir dos resultados obtidos com essa investigação.

A leitura dos dados com enfoque nas microgêneses cognitivas orientou a sistematização da dinâmica da conduta do sujeito psicológico sem nunca esquecer que estamos analisando um sujeito que reúne características gerais e individuais ao mesmo tempo, ou seja, um sujeito que é epistêmico e psicológico, concomitantemente. A análise categorial do sujeito epistêmico e a análise funcional do sujeito psicológico são análises legítimas e complementares, que possibilitam o estudo de um sujeito real com suas possibilidades e limitações. Do sujeito epistêmico, não se pretendeu aprofundar a análise das estruturas cognitivas que reflete um funcionamento comum, ao contrário, objetivou-se evidenciar a análise do “saber-fazer” (*savoir-faire*) que é, ao mesmo tempo, uma individualização do conhecimento e fonte de criatividade do sujeito. A análise de processos individuais de resolução de problemas em Robótica Educacional mostrou-se relevante na medida em que evidenciou o funcionamento de um sujeito enquanto utiliza e constrói individualmente seu conhecimento, pois é ali que podemos observar os êxitos, os fracassos e as heurísticas do sujeito psicológico.

A análise funcional, já bem conhecida em biologia, permite decompor um organismo em órgãos estabelecendo as relações de manutenção desse organismo. Talvez por esse motivo, o biólogo Piaget utilizou-se dessa análise quando investigou o comportamento dos bebês dos primeiros reflexos até o surgimento da intencionalidade (PIAGET, 1975). O estudo da inteligência prática, ou sensório-motora, dos bebês lhe possibilitou que elaborasse uma tese acerca do nascimento da inteligência, onde teorizou sobre as invariantes funcionais da inteligência que são a adaptação e a organização. Sendo a adaptação um equilíbrio entre assimilação e acomodação, como nos disse Piaget (1975), e tal definição aplica-se à inteligência, então é através da assimilação que o sujeito busca informações no meio físico e pela acomodação transforma as estruturas cognitivas em função das novidades. Portanto, a análise microgenética do sujeito psicológico parece revelar concretamente as minúcias de como se processa a adaptação do sujeito ao meio externo através da assimilação e da acomodação.

Exatamente nesse ponto, a microgênese colabora com a macrogênese: ao investigar minuciosamente como cada indivíduo assimila através de abstrações empíricas e acomoda através

de abstrações reflexionantes. A análise refinada da conduta de sujeitos no curso da resolução de problemas revela os mecanismos práticos das invariantes funcionais da inteligência em interação com o meio físico. É o funcionamento particular da atualização dos conhecimentos em situação de resolução de problema que constitui um aprofundamento das origens da formação de conhecimentos específicos (microgênese) e de categorias universais (macrogênese).

Essa análise funcional dos sujeitos em situação de resolução de problema possibilitou visualizar como acontece a construção ou atualização dos esquemas através da ação do sujeito sobre os objetos e sobre si mesmo no nível operatório concreto. A microgênese cognitiva possibilita visualizar as origens dessa construção, as adaptações do sujeito ao meio e as transformações que realiza. Assim, a análise funcional pode contribuir para a macrogênese, pois amplia a compreensão do sujeito epistêmico uma vez que investiga as modificações dos esquemas familiares na representação específica de um problema e as modificações permanentes da estrutura da inteligência.

Inhelder e Cellérier (1996) atentaram, e os resultados evidenciaram, que existe um papel funcional dos sucessos e dos fracassos no curso da resolução de problemas, pois são eles que direcionam a ação do sujeito na busca por uma solução. Além disso, o fazer e o compreender parecem atuar juntos no desenrolar das descobertas da criança, na medida em que o sujeito passa por processos de Tomada de Consciência da sua ação e compreende o “como fazer”, alcançando uma compreensão dos seus procedimentos práticos. Os Esquemas Familiares, acionados pelos sujeitos como pertinentes à determinada situação, conduzem o indivíduo diretamente ao êxito, ao fracasso, ou ainda podem fornecer indícios ao sujeito de como proceder. O Esquema Familiar é um possível entre outros que pode direcionar a conduta do sujeito e levá-lo ao êxito das ações através de atualizações realizadas na prática. É a análise da atualização dos esquemas familiares, através do fazer desse sujeito, que abarca as heurísticas da conduta e evidencia o processo individual de criação e de criatividade.

Então, qual a relevância de uma análise de procedimentos de descoberta, uma vez que relata processos individuais? O estudo do caso dos seis sujeitos envolvidos nessa investigação evidenciou um funcionamento individualizado do conhecimento que obedece a uma lógica das ações comum a todos os sujeitos. Porém, até chegar ao êxito final, o sujeito se vale de processos individuais que não são ensinados, mas reconstruídos por ele mesmo a partir dos esquemas presentativos e procedimentais de que o sujeito já possuía devido a construções anteriores. Evidenciar que a construção de uma estratégia é um processo individual que não pode ser ensinado, senão pela própria ação do sujeito, tem implicações diretas para o processo de ensino e de aprendizagem também em âmbito escolar.

Muito se faz e muito se fala em nome da resolução de problemas no espaço escolar. Mas essa investigação nos mostra que situações de natureza variada podem ser consideradas um verdadeiro problema para o indivíduo, e não só as situações propostas pela matemática, pelas ciências ou pela robótica. Sob o enfoque da macro e da microgênese, podemos dizer que o ser humano constrói o seu conhecimento através da resolução de problemas. Partindo do mais conhecido, e construindo estratégias rumo ao menos conhecido.

Mas o que é realmente um “bom” problema para o sujeito no curso da sua aprendizagem? As análises evidenciam que um problema, para se tornar um meio de atualização e construção de conhecimentos e procedimentos, deve se apresentar como algo assimilável ao esquema cognitivo do sujeito. Ainda que o sujeito construa uma representação inicial acerca da solução final do problema, ela não será suficiente para alcançar o êxito caso o sujeito não possua esquemas construídos anteriormente, que possam ser acionados e atualizados através da sua ação (fazer) para resolver o problema. Dessa forma, o experimento da presente pesquisa mostrou-se como um desafio aos esquemas operatórios dos sujeitos envolvidos, algo que se tinha uma “idéia inicial” sobre como resolver, mas que os procedimentos seguintes foram elaborados ou descobertos através da própria ação sobre o objeto. Assim, podemos dizer que um bom problema é aquele em que os sujeitos possuem Esquemas Familiares possíveis de serem acionados, mas que não reúnem todas as soluções para o problema, pois parte delas se construirá através da ação do sujeito sobre o objeto.

Além disso, podemos dizer que não existe o “melhor problema” como algo genérico a ser apresentado para um sujeito, pois o “melhor problema” é aquele em que o sujeito possui esquemas suficientes para a sua assimilação sem resolvê-lo imediatamente, ou seja, o “melhor problema” é aquele que se encontra na área de assimilação do sujeito e que poderá ser atualizado logo em seguida. O “melhor problema”, então, pode ser diferente para cada sujeito de acordo com as construções cognitivas que elaborou anteriormente, ou ainda, poderá ser um “bom problema” em determinado momento da sua aprendizagem e um problema “muito simples” em outro momento. O próprio experimento formulado para essa investigação suscitou muitas dúvidas na pesquisadora com relação a sua relevância para os sujeitos, mas na medida em que foi aplicado, mostrou-se um “bom problema” para os sujeitos pesquisados, pois possibilitou o acionamento de Esquemas Familiares e a atualização desses através da sua ação. Ainda sobre esse aspecto, é importante ressaltar um dado com relação ao tempo em que os sujeitos empreenderam na resolução do problema dessa investigação. Vale salientar que o experimento foi conduzido até que o sujeito desse por encerrado o seu procedimento, e esse tempo variou muito caso a caso, de 40 minutos chegando

até 6 horas⁵⁹. Daqui, decorre mais um questionamento: Porque os sujeitos envolvem-se tanto tempo com problemas de Robótica Educacional? A resposta talvez aponte para o fato de que os sujeitos estão trabalhando com objetos concretos e, como ressalta Papert (2008), um pensamento concreto para a educação pode ser muito mais poderoso do que um pensamento abstrato. Trabalhar com objetos concretos, como no caso da Robótica Educacional, proporciona ao sujeito um laboratório de aprendizagem onde ele pode elaborar hipóteses, verificar e transformar suas hipóteses e procedimentos através da testagem e verificação direta. Esse é um processo muito próximo da ciência, mas muito distante da ciência escolar.

Resolver problemas no meio escolar não deveria ser visto como uma atividade em paralelo, mas uma orientação para aprendizagem. Nesse sentido, os laboratórios (de química, de matemática, de física, de informática e de robótica!) das escolas são espaços privilegiados de ação e reflexão, pois proporcionam o manuseio, a construção e a reflexão acerca dos objetos. Mas é importante atentar para o trabalho com problemas em vez de exercícios de repetição, ou seja, atividades em que o sujeito possua esquemas passíveis de serem atualizados. Caso o sujeito não possua os esquemas familiares que possibilitem as ações iniciais sobre o objeto, o problema será de difícil solução para o indivíduo, ou ainda, caso o sujeito tenha construído anteriormente um esquema que lhe conduza diretamente à solução, essa não será uma verdadeira situação de “problema” para o sujeito, mas um simples exercício dos esquemas. Quando a situação possibilita ao indivíduo que acione apenas um esquema que lhe conduza diretamente à solução, essa situação nada mais é do que um “exercício” cognitivo para o sujeito. Repetir incessantemente uma atividade que o indivíduo já possua um esquema que lhe conduza ao resultado não é uma forma de resolver problemas, mas uma forma de exercitar um esquema já construído. Uma resolução de problema exige do sujeito o acionamento e a atualização dos seus esquemas familiares através da sua própria ação.

Então, como poderia ser o ensino e a aprendizagem através da resolução de problemas no meio escolar? O ponto de partida para o ensino e a aprendizagem de qualquer área baseado na resolução de problemas seria o nível cognitivo em que se encontram os sujeitos. Para que o sujeito possa construir uma estratégia de resolução de problema, é necessário que ele tenha construído esquemas acerca do conteúdo que possam ser acionados, como forma de indicar caminhos a serem percorridos em busca da solução. Essa construção anterior nada mais é do que a resolução de problemas anteriores sobre determinado conteúdo. É importante reconhecer também que cada sujeito possui seu potencial e suas limitações, de acordo com seus esquemas de assimilação, mas o potencial e as limitações do sujeito compõem uma linha tênue entre o que o sujeito já sabe fazer,

⁵⁹ O tempo total de resolução de problema do Sujeito 2 foi de 6 horas, sendo 3h30min no primeiro dia e 2h30min no dia seguinte.

daquilo que ele poderá fazer através da atualização dos seus esquemas. O papel do professor nesse contexto não seria aquele de “professar” algo através de aulas expositivas, sobrecarregando a memória dos alunos, mas alguém que seleciona problemas pertinentes e que organiza o grupo na busca de soluções.

Essa investigação mostrou também que os sujeitos possuem maneiras individuais de representar uma solução para o problema que pode não ser igual ao exemplo do livro didático, da revista ou do exemplo considerado como “o melhor” pelo professor. Além disso, a representação mental que o indivíduo elabora acerca do problema mostrou-se um importante recurso para a resolução. A representação do sujeito é a maneira como seus esquemas familiares assimilam o problema, portanto é fundamental que as representações dos sujeitos sejam o ponto de partida para uma resolução de problemas. Tal representação pode ser construída através do desenho, de esquemas, de projetos, de mapas conceituais, mas é de fundamental importância que eles existam. A representação elaborada pelo sujeito poderá dar indícios dos esquemas familiares ao professor ou como o sujeito está pensando para resolver o problema. Os erros, nesse contexto, fazem parte do progresso na conduta do sujeito e são encarados como hipóteses ou possíveis, que podem ser atualizados através da ação ou substituídos por outro esquema indicado através do próprio “erro”. O erro é a fonte da heurística do sujeito que precisa descobrir não a maneira de evitar o erro, mas a maneira de superá-lo.

Contudo, o ensino através da resolução de problemas muitas vezes se resume à observação atenta do aluno enquanto o professor resolve um problema. Ao fazer isso, o professor está explicitando a sua estratégia de resolução para o aluno como se esse fosse capaz de “sugar” esse conhecimento. Enquanto demonstra sua estratégia de resolução do problema, podemos dizer que o professor está elaborando uma estratégia, mas o aluno apenas observa, muitas vezes sem compreender, o processo de resolução do professor. Além disso, usar “modelos” para ensinar procedimentos como medida de evitar o erro é um engano freqüente. Ora, a investigação mostrou que uma estratégia não pode ser ensinada porque ela é uma construção individual de acordo com os esquemas operatórios construídos anteriormente pelo sujeito. Portanto, ensinar através de modelos com intuito de evitar o erro é um equívoco em se tratando de construção de estratégias cognitivas para resolução de problemas.

Assim, a atividade de Robótica Educacional dá indícios de que o caminho para resolver problemas e desenvolver a criatividade dos sujeitos é possibilitar que os sujeitos possam agir, refletir e agir novamente num movimento constante de aprender a aprender e superar desafios.

Por fim, o que é mais importante da análise de procedimentos de resolução de problemas em Robótica Educacional não é a estratégia em si para resolver o problema de robótica, mas a

atividade realizada pelo sujeito na busca da superação da sua dificuldade. Ou seja, o que fica é a busca da superação do erro ou do fracasso para chegar ao êxito, por isso, é importante que os sujeitos possam criar e recriar suas próprias estratégias. Se os procedimentos acionados ou elaborados ao longo do processo de resolução de problemas se generalizam em outros procedimentos, é uma questão relevante para encaminhamentos e pesquisas futuras, visto que um esquema tende à generalização, um esquema procedimental deverá seguir a mesma lógica... ou não.

REFERÊNCIAS

- BECKER, Fernando. **Educação e Construção do Conhecimento**. Porto Alegre: Artmed, 2001. 125 p.
- CESAR, Danilo Rodrigues. **Robótica Livre: Robótica Educacional com tecnologias livres**. 2005. Disponível em: <http://libertas.pbh.gov.br/~danilo.cesar/robotica_livre/artigos/artigo_fisl_2005_pt_final.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- IBGE. Censo Demográfico 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: agosto de 2009.
- INHELDER, Bärbel; CELLÉRIER, Guy. **O Desenrolar das Descobertas da Criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 309 p.
- LOPES, Daniel de Queiroz. **A Exploração de Modelos e os Níveis de Abstração nas Construções Criativas com Robótica Educacional**. 2008. 326 f. Tese (Doutorado em Educação)— Programa de Pós Graduação em Informática na Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- LOPES, Daniel de Q.; FAGUNDES, Lea da C. As Construções Microgenéticas e o Design em Robótica Educacional. **RENOTE – CINTED/UFRGS**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 1-10, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/renote/dez2006/artigosrenote/25109.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99 p.
- MANTOAN, M.; PRADO, M.; BARRELA, F.. Logo e Microgêneses Cognitivas: um estudo preliminar. In: VALENTE, José Armando (Org.). **Computadores e Conhecimento: repensando a educação**. Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, 1993. p. 234-256.
- MORAES, Raquel de Almeida. **Informática na Educação**. Rio de Janeiro: DP&A, 2000. 132 p.
- MONTANGERO, J.; MAURICE-NAVILLE, D. **Piaget ou a Inteligência em Evolução**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 242 p.
- OLIVEIRA, José Antônio Colvara. **Robótica como Interface da Tomada de Consciência da Ação e do Conhecimento do Objeto, Através da Metacognição como Propulsora da Produção do Conhecimento**. 2007. 114f. Tese (Doutorado em Educação)— Programa de Pós Graduação em Informática na Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- PAPERT, Seymour. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 2008. 220 p.
- _____. **LOGO: computadores e educação**. São Paulo: Brasiliense, 1985. 254 p.

PIAGET, Jean. **Abstração Reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. 292 p.

_____. **A Construção do Real na Criança**. São Paulo: Ática, 2006. 392 p.

_____. **A Formação do Símbolo na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1978b. 370 p.

_____. **A Tomada de Consciência**. São Paulo: Melhoramentos, 1977.

_____. Development and Learning. *In*: LAVATELLY, C. S.; STENDLER, F. **Reading in Child Behavior and Development**. New York: Hartcourt Brace Janovich, 1972.

_____. **Fazer e Compreender**. São Paulo: Melhoramentos, 1978a.

_____. **O Nascimento da Inteligência na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975. 389 p.

_____. O Possível, o Impossível e o Necessário: as pesquisas em andamento ou projetadas no centro internacional de epistemologia genética. *In*: LEITE, Luci Banks (Org.). **Piaget e a Escola de Genebra**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1992. p. 51-71.

_____. **O Possível e o Necessário**: evolução dos possíveis na criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985. v. 1, 137 p.

_____. **O Possível e o Necessário**: evolução dos possíveis na criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1986. v. 2, 137 p.

_____. **Seis Estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1965. 152 p.

PIAGET, Jean; GRÉCO, Pierre. **Aprendizagem e Conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974. 237 p.

PIAGET, Jean; INHELDER, Bärbel. **A Psicologia da Criança**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

POZO, Juan Ignacio (Org.). **A Solução de Problemas**: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 177 p.

RESNICK, M. et al. **Programmable Bricks**: toys to think with. Abr. 1996. Disponível em: <<https://www.research.ibm.com/journal/sj/353/sectionc/martin.html>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

RESNICK, M.; OCKO, S. **LEGO/Logo**: Learning Through and About Design. [s. l.]: Ablex Publishing, , 1993. Disponível em: <<http://llk.media.mit.edu/papers/ll.html>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

RIBEIRO, Célia Rosa. **Um Estudo Qualitativo sobre a Robótica Educativa no 1º Ciclo do Ensino Básico**. 2006. 207 p. Dissertação (Mestrado em Educação)— Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho, Lisboa, 2006. Disponível em: <<http://icurricularartic.blogspot.com/2008/01/robcarochinha-um-estudo-qualitativo.html>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

ROBOLAB Revista. Curitiba: ZOOM Editora Educacional, 2003. 63p.

STEFFEN, Heloisa H. **Robótica Pedagógica na Educação**: um recurso de comunicação, regulação e cognição. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação)— Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2002.

SAADA-ROBERT, M. A Construção Microgenética de um Esquema Elementar. *In*: INHELDER, Bärbel; CELLÉRIER, Guy. **O Desenrolar das Descobertas da Criança**: um estudo sobre as microgêneses cognitivas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 107-126.

VERASZTO, Estéfano V. et al. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Revista Prisma.com.**, n. 7, 2008. Disponível em: <http://prisma.cetac.up.pt/60_Tecnologia_Buscando_uma_definicao_para_o_conceito_Estefano_Veraszto_et_al.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2009.

VALENTE, José Armando. Prefácio. *In*: PAPERT, Seymour. **LOGO**: computadores e educação. São Paulo: Brasiliense, 1985. p. 7-10.

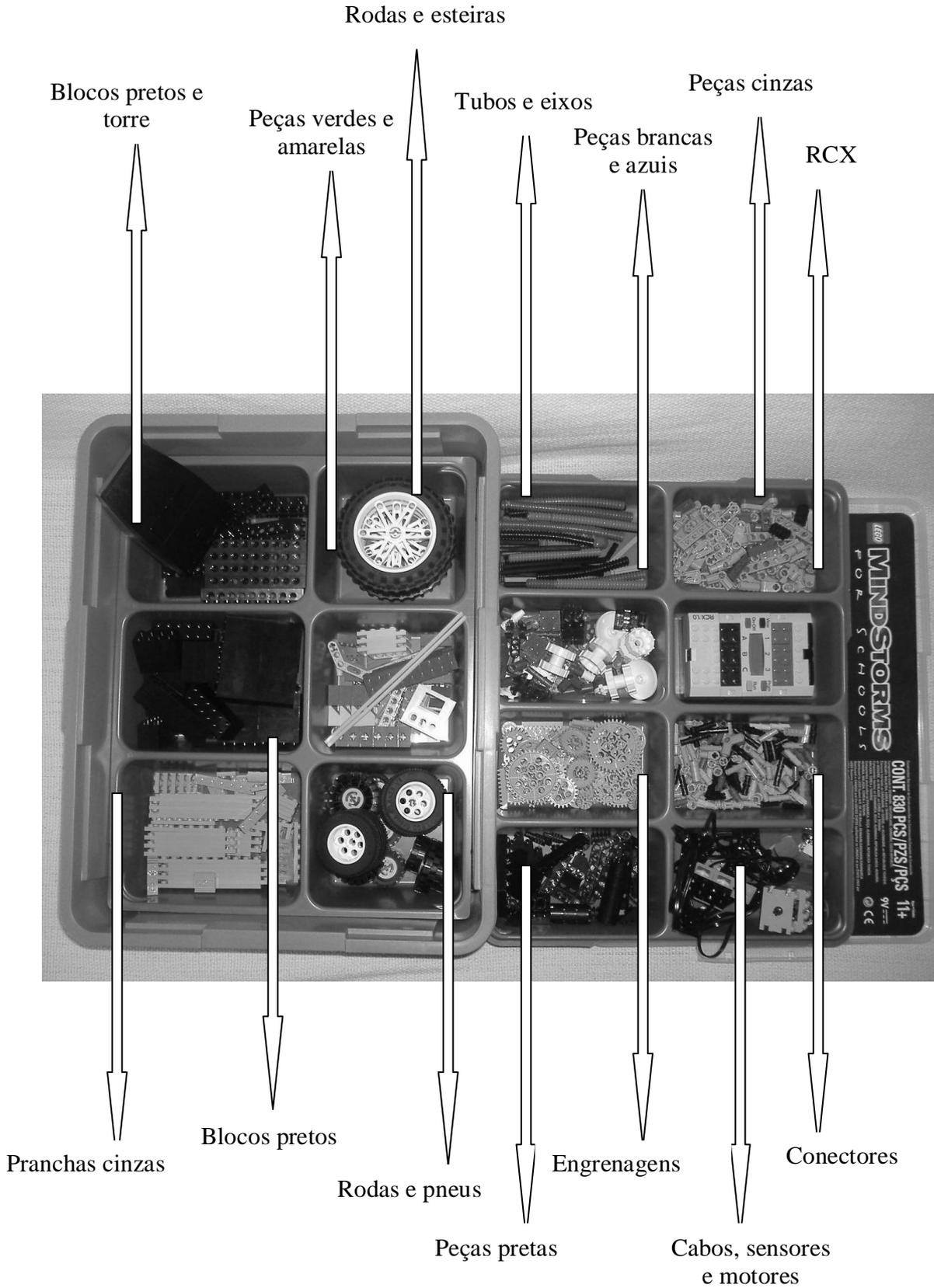
_____, José Armando (Org.). **Computadores e conhecimento**: repensando a educação. Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, 1993. 418 p.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.

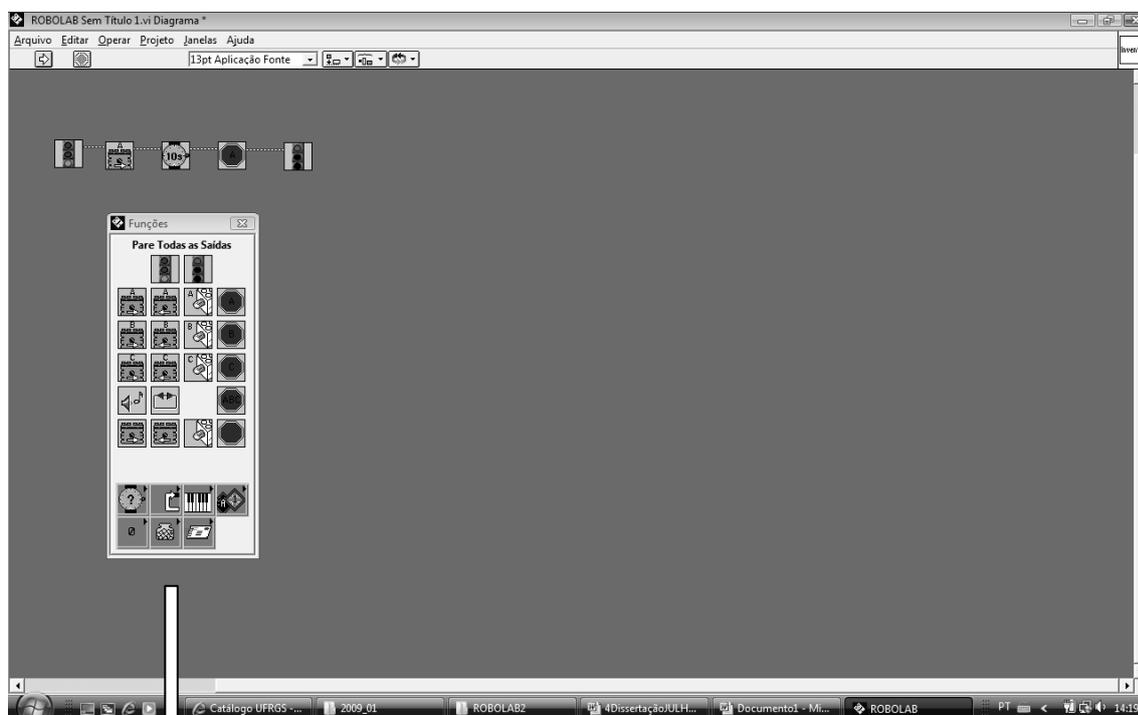
ZILLI, Silvana do Rocio. **A Robótica Educacional no Ensino Fundamental**: perspectivas e práticas. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)— Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://icurricularartic.blogspot.com/2008/01/robtica-educacional-no-ensino.html>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

ZOOM: Revista de Educação tecnológica. Curitiba: ZOOM - Editora Educacional, 2003.

APÊNDICE A -- Organização do kit LEGO Mindstorms® 9793 usada nas aulas de Robótica Educacional



APÊNDICE B – Interface do Software RoboLab® com programação icônica e um exemplo de programação



Paleta de funções

APÊNDICE C – Carta de Apresentação



Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
 Faculdade de Educação - FACED
 Programa de Pós Graduação em Educação – PPGEDU
 Mestrado em Educação



Sr. Diretor:

Esta carta tem como finalidade apresentar a aluna CRISTIANE PELISOLLI CABRAL, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação desta Universidade, as informações referentes ao projeto de pesquisa bem como solicitar seu consentimento para a realização da pesquisa na Escola * em Porto Alegre / RS.

O estudo em questão centra-se na investigação de como os sujeitos adolescentes constroem seus procedimentos para a resolução de problemas em Robótica Educacional. O referencial teórico apóia-se na teoria da Epistemologia Genética de Jean Piaget e suas macrogêneses e Barbel Inhelder com as microgêneses. São destaques nesta investigação, as obras **O Desenrolar das Descobertas da Criança**: um estudo sobre as microgêneses cognitivas de Barbel Inhelder, 1996 e **Fazer e Compreender** de Jean Piaget, 1978.

Trata-se de um estudo qualitativo, usando como base a análise de experimentos realizados com o kit semi-estruturado de Robótica Educacional LEGO Mindstorms 9793 e o Software de programação Robolab.

A professora-pesquisadora pretende selecionar, através de uma convite aberto aos alunos que freqüentam o Projeto de Robótica Educacional na escola, os alunos que se interessam em participar desta investigação, para, posteriormente, solicitar o consentimento de seus responsáveis por escrito. Estes alunos serão acompanhados de agosto de 2009 a agosto de 2010 pela professora pesquisadora em turno inverso ao turno de aula em horário fora do expediente da professora em nada prejudicando suas funções na escola.

Os resultados desta pesquisa serão divulgados em ventos científicos e publicados posteriormente, mantendo-se a confidencialidade sobre o nome da instituição e dos sujeitos envolvidos na pesquisa. Tais resultados talvez possam vir a subsidiar práticas pedagógicas de professores que já trabalham ou que venham a trabalhar com Robótica Educacional nas escolas e abrir novas questões para posteriores aprimoramentos ou novas pesquisas.

Agradecemos a sua colaboração e disponibilizamos o e-mail da professora para eventuais dúvidas.

Dra. Rosane Aragón de Nevado
 (Profa. Orientadora)

Cristiane Pelisolli Cabral
 (Pesquisadora)
 pelisolli@gmail.com

Declaro estar devidamente esclarecido e de acordo com a realização da pesquisa na escola citada:

Responsável

APÊNDICE D – Consentimento de pesquisa



Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Faculdade de Educação - FACED
Programa de Pós Graduação em Educação – PPGEDU
Mestrado em Educação



Srs. Pais / Responsáveis :

A professora CRISTIANE PELISOLLI CABRAL, responsável pelo Projeto de Robótica Educacional da nossa escola e mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFRGS, vem por meio desta solicitar seu consentimento para a realização de uma pesquisa com seu(sua) filho(a).

O estudo em questão centra-se na investigação de como os sujeitos adolescentes constroem seus procedimentos para a resolução de problemas em Robótica Educacional. O referencial teórico apóia-se na teoria da Epistemologia Genética de Jean Piaget e suas macrogêneses e Barbel Inhelder com as microgêneses. Trata-se de um estudo qualitativo, usando como base a análise de experimentos realizados com o kit semi-estruturado de Robótica Educacional LEGO Mindstorms 9793 e o Software de programação Robolab.

Os alunos envolvidos na pesquisa serão acompanhados de agosto de 2009 a agosto de 2010 pela professora pesquisadora em turno inverso ao turno de aula, sem prejuízo ao horário de aula, em horário a ser comunicado previamente.

Os resultados desta pesquisa serão divulgados em ventos científicos e publicados posteriormente, mantendo-se a confidencialidade sobre o nome da instituição e dos sujeitos envolvidos na pesquisa. Tais resultados talvez possam vir a subsidiar práticas pedagógicas de professores que já trabalham ou que venham a trabalhar com Robótica Educacional nas escolas e abrir novas questões para posteriores aprimoramentos ou novas pesquisas.

Agradecemos a sua colaboração e disponibilizamos o telefone da escola para eventuais dúvidas.

 Cristiane Pelisolli Cabral
 Prof. Pesquisadora
 Fone: (51)33191413

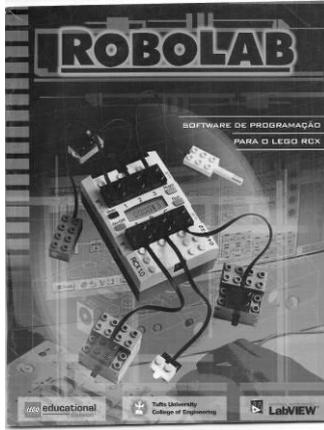
AUTORIZAÇÃO:

Declaro estar devidamente esclarecido e autorizo meu(minha) filho(filha)
 _____ a participar da pesquisa.

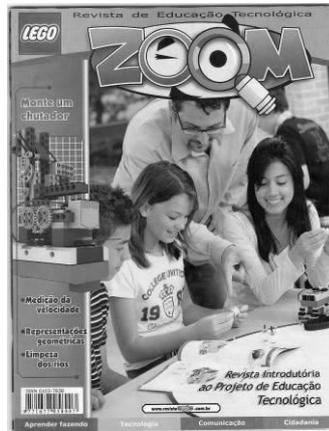
Assinatura pais ou responsáveis: _____

Telefone para contato: _____

ANEXO 1 – Revistas ZOOM que contêm sugestões e explicação das montagens



Revista ROBOLAB



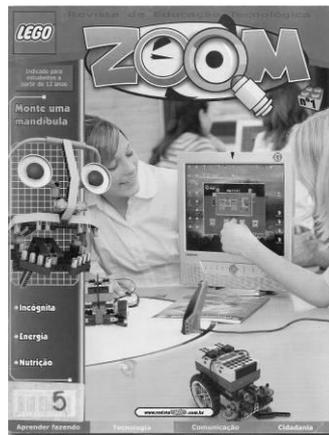
Revista Introdutória



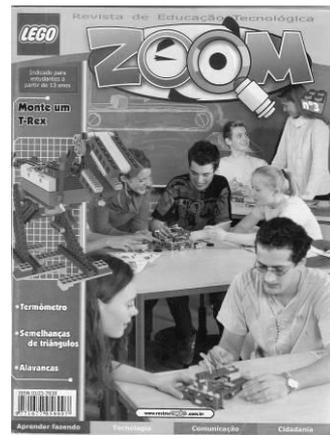
Revista da Coleção Roxa



Revista da Coleção Amarela



Revista da Coleção Vermelha



Revista da Coleção Verde

