



**Universidade do Minho**  
Instituto de Educação

Um Contributo para a Integração de  
Atividades de Robótica Educativa no  
Ensino Básico

Célia Rosa Ribeiro

Célia Rosa Ribeiro

## Um Contributo para a Integração de Atividades de Robótica Educativa no Ensino Básico

**FCT**  
Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA



UMinho | 2016

maio de 2016





**Universidade do Minho**  
Instituto de Educação

Célia Rosa Ribeiro

**Um Contributo para a Integração de  
Atividades de Robótica Educativa no  
Ensino Básico**

Tese de Doutoramento em Ciências da Educação  
Especialidade em Tecnologia Educativa

Trabalho efetuado sob a orientação da  
**Professora Doutora Clara Pereira Coutinho**  
do  
**Professor Doutor Manuel Filipe Costa**  
e da  
**Professora Doutora Lia Raquel Oliveira**

maio de 2016

## DECLARAÇÃO

Nome: Célia Rosa Ribeiro

Correio electrónico: [celiarosaribeiro@gmail.com](mailto:celiarosaribeiro@gmail.com)

**Título da tese:**

Um Contributo para a Integração de Atividades de Robótica Educativa no Ensino Básico

**Orientador(es):**

Professora Doutora Clara Pereira Coutinho

Professor Doutor Manuel Filipe Costa

Professora Doutora Lia Raquel Oliveira

Ano de conclusão: 2016

Doutoramento em Ciências da Educação Especialidade em Tecnologia Educativa

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 13/05/2016

Assinatura: Célia Rosa Ribeiro

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente dissertação. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados. Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 13 de Maio de 2016

Célia Rosa Ribeiro

Assinatura: Célia Rosa Ribeiro



À  
Inês,  
Sofia  
&  
Miguel

por todo o AMOR 



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço a “mim” por nunca ter desistido mesmo tendo todos os motivos para o fazer. Agradeço a coragem, o esforço e a persistência para não deixar ficar este projeto para outra existência.

Agradeço à vida por me ter permitido deixar terminar esta etapa da minha existência humana.

Agradeço aos médicos que tão bem cuidaram de mim e me fizeram acreditar que poderia ser uma vencedora. Agradeço aos investigadores que trabalham e lutam diariamente para encontrarem uma cura para o cancro. A eles devo poder estar ainda viva e ter concluído esta longa jornada.

Agradeço à minha família por ter estado comigo nas horas em que mais precisei dela. Pelo amor incondicional que sempre mostrou, pela paciência e compreensão. Por ter estado sempre comigo nos maus e bons momentos. Por me ajudar a concretizar mais um sonho e por me ajudar a vencer.

Agradeço aos meus orientadores, professora Clara Coutinho e professor Manuel Filipe Costa por toda a ajuda e contributo que me deram durante este longo processo. Agradeço à professora Lia Raquel Oliveira por aceitar ser orientadora no processo final.

Agradeço ao Agrupamento de Escolas Gonçalo Sampaio por me ter deixado realizar e dinamizar o meu projeto de investigação.

Agradeço aos professores que permitiram que os seus alunos participassem nas atividades de Robótica Educativa e fizessem parte deste projeto.

Agradeço aos alunos do 4º ano de escolaridade das duas turmas onde se realizou o estudo. Sem eles nada disto teria sido possível. Foram momentos maravilhosos que passamos juntos onde reinava a boa disposição e o trabalho fluía naturalmente.

Agradeço aos meus amig@s pelas palavras de confiança que sempre me deliciaram e me fizeram acreditar que iria vencer e conquistar mais um troféu. Estiveram comigo nas horas mais difíceis e nunca me deixaram desistir de viver.

Agradeço a todos aqueles que contribuíram de algum modo para a realização e concretização deste projeto.



Bolsa de Investigação com a referência SFRH/BD/36919/2007,  
financiada pelo POPH – QREN – Tipologia 4.1 – Formação Avançada,  
comparticipada pelo Fundo Social Europeu e por  
Fundos Nacionais do MCTES.





## Resumo

A Robótica Educativa constitui uma ferramenta pedagógica em ascensão no panorama educativo, com inúmeras potencialidades, mas cuja validação, tal como acontece com outras tecnologias, ainda se encontra em estágio prematuro.

Neste trabalho, pretendemos desenvolver uma proposta pedagógica utilizando a Robótica Educativa (RE) – mais concretamente o kit *Legó Mindstorms* – como uma ferramenta didática, no contexto do Ensino Básico 1º ciclo. Os principais objetivos passaram pela validação da Robótica Educativa neste nível etário, bem como pela avaliação das competências e conteúdos curriculares que a Robótica Educativa permite trabalhar neste contexto.

O estudo foi organizado em duas grandes fases tendo incluído uma etapa de aprendizagem dos conceitos de Robótica por parte dos alunos participantes (15 alunos do 4º ano de escolaridade) e, numa fase posterior, a exploração de situações problemáticas com o robô, sendo trabalhadas competências ao nível da matemática, com ênfase nas operações de multiplicação e divisão.

Em termos metodológicos, o estudo realizado foi de índole qualitativa, inserindo-se num paradigma interpretativo da investigação educativa, tendo sido usados como instrumentos de recolha de dados a observação direta, os registos em vídeo, questionários, diários de bordo dos alunos, relatórios de reflexão e, ainda, os documentos produzidos pelos alunos na programação dos robôs. Estes foram usados para aferir da evolução dos participantes ao longo do projeto e das suas atitudes e perceções. Foram analisadas as competências específicas e transversais e abordada a relação destas com as filosofias construtivista e construcionista do processo de ensino-aprendizagem.

Neste trabalho, os alunos foram desafiados a explorar um robô, construindo-o e programando-o, a trabalhar em equipa e de forma cooperativa, a projetar e testar os seus protótipos, a resolver os problemas com que se depararam, a elaborar as suas próprias estratégias e métodos para uma melhor exploração dos materiais e desafios

apresentados e, ainda, a construir os seus próprios conhecimentos sobre os conceitos trabalhados.

**Palavras-chave:** Robótica Educativa, Ensino Básico, 1º ciclo, Matemática

## **Abstract**

Educational Robotics (ER) has grown as a pedagogical tool in the educational scenario, with numerous potentialities, but whose validation, as it occurs with other technologies, is still in a premature stage.

In this work, we aimed to develop a pedagogical proposal using ER – specifically the Lego Mindstorms kit – as a pedagogical tool, in the context of basic education (K-5). The main objectives were the validation of ER in this age level, as well as the evaluation of skills and curricular contents that ER allows to work in this context.

The study was organized in two stages: the first, where participating students (a total of 15 from the 4<sup>th</sup> grade) learned the Robotics concepts; and the second, where they explored problematic situations with the robots, working mathematical skills, with an emphasis on the multiplication and division operations.

Methodologically, the study was of a qualitative nature, within an interpretative paradigm of educational research, being used as data collection instruments the direct observation, video records, questionnaires, students' diaries and reports, as well as the documents produced by students while programming the robots. There were used to infer the evolution of the students' attitudes and perceptions. Both specific and transversal skills were analysed, and the connection of those with constructivist and constructionist paradigms of teaching and learning projects.

In this work, the students were challenged to explore robots, building and programming them, working in teams and in a collaborative way, projecting and testing their prototypes, solving problems and elaborating their strategies and methods for the best exploration of the materials and challenges presented, building their knowledge over the presented concepts.

**Keywords:** Educational Robotics, Basic Education, K5, Mathematics



## Índice

<b>RESUMO .....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	8
<b>2. TEORIAS DE APRENDIZAGEM QUE FUNDAMENTAM A ROBÓTICA EDUCATIVA: DO BEHAVIORISMO AO CONSTRUTIVISMO.....</b>	<b>9</b>
SUMÁRIO.....	9
2.1 O BEHAVIORISMO .....	10
2.2 O COGNITIVISMO .....	15
2.3 O CONSTRUTIVISMO VERSUS INSTRUCIONISMO .....	19
2.4 CONCEITOS CHAVE NUMA CONCEÇÃO CONSTRUTIVISTA DA APRENDIZAGEM.....	23
2.4.1 <i>Cognição situada</i> .....	24
2.4.2 <i>Aprendizagem colaborativa</i> .....	25
2.4.3 <i>Flexibilidade cognitiva</i> .....	26
2.4.4 <i>Estilos de aprendizagem e Inteligências Múltiplas</i> .....	27
2.5 APRENDIZAGEM SOB O FOCO DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY .....	30
2.5.1 <i>Aprendizagem social</i> .....	31
2.5.2 <i>Processos de desenvolvimento</i> .....	32
2.5.3 <i>Níveis de Desenvolvimento e Zona de Desenvolvimento Proximal</i> .....	33
2.5.4 <i>Teoria da atividade</i> .....	36
2.6 O CONSTRUCIONISMO.....	37
2.6.1 <i>Bases do Construcionismo</i> .....	37
2.6.2 <i>Aprendizagem no âmbito de uma comunidade</i> .....	40
2.6.3 <i>Uso de objetos concretos na aprendizagem</i> .....	43
2.6.4 <i>Ideias poderosas e ideias maravilhosas</i> .....	44
2.6.5 <i>Aprendendo sobre a aprendizagem com a tecnologia</i> .....	47
<b>3. ROBÓTICA EDUCATIVA .....</b>	<b>49</b>
SUMÁRIO.....	49

3.1 ROBÓTICA EDUCATIVA: DEFINIÇÕES, EVOLUÇÃO E PLATAFORMAS .....	50
3.1.1 <i>Robótica Educativa: definições e conceitos básicos</i> .....	50
3.1.2 <i>Colaboração Lego-MIT: notas históricas</i> .....	52
3.1.3 <i>Festivais e Competições de Robótica</i> .....	55
3.1.4 <i>Eventos de Robótica a Nível Nacional</i> .....	58
3.2 PLATAFORMAS DE ROBÓTICA EDUCATIVA .....	61
3.2.1 <i>O sistema Lego Mindstorms NXT</i> .....	61
3.2.2 <i>Programação do robô: a Linguagem NXT-G</i> .....	68
3.2.3 <i>Outras plataformas</i> .....	74
3.3 CARACTERÍSTICAS E POTENCIALIDADES PEDAGÓGICAS DA ROBÓTICA EDUCATIVA .....	77
3.3.1 <i>A Robótica Educativa como ambiente/micromundo de aprendizagem</i> .....	80
3.3.2 <i>Motivação e entusiasmo</i> .....	82
3.3.3 <i>Interdisciplinaridade</i> .....	84
3.3.4 <i>Imaginação e criatividade - a criação de um ambiente de aprendizagem lúdico e heurístico</i> .....	87
3.3.5 <i>Aprendizagem baseada na resolução de problemas</i> .....	88
3.3.6 <i>Aprendizagem baseada em projetos</i> .....	91
3.3.7 <i>Trabalho em equipa e competências de comunicação</i> .....	92
3.3.8 <i>Raciocínio lógico e pensamento abstrato</i> .....	93
3.3.9 <i>Uma aprendizagem autónoma e individualizada</i> .....	94
3.4 A ROBÓTICA EDUCATIVA NA PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO POSITIVO .....	96
3.4.1 <i>Princípios do Desenvolvimento Tecnológico Positivo: modelo 6C's</i> .....	96
3.4.2 <i>A Robótica Educativa como promotora do Desenvolvimento Tecnológico Positivo</i> . 102	
3.4.3 <i>O papel do professor</i> .....	104
<b>4. INTEGRAÇÃO CURRICULAR DA ROBÓTICA EDUCATIVA NO ENSINO BÁSICO.....</b>	<b>107</b>
SUMÁRIO.....	107
4.1 <b>INTRODUÇÃO: AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO BÁSICO</b> .....	108
4.2 <b>MATERIAIS MANIPULATIVOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA</b> .....	112
4.3 <b>INTEGRAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCATIVA NAS ÁREAS CURRICULARES DO ENSINO BÁSICO</b> .....	113
4.3.1 <i>A robótica na sala de aulas de matemática</i> .....	116
4.3.2 <i>A robótica na sala de aula de Ciências</i> .....	125
4.3.3 <i>Educação tecnológica</i> .....	126
4.3.4 <i>Escrita</i> .....	128

4.4 ESTUDOS SOBRE A INTEGRAÇÃO CURRICULAR DA ROBÓTICA EDUCATIVA .....	129
4.4.1 <i>Projetos de Robótica Educativa de âmbito Internacional</i> .....	131
4.4.2 <i>Projetos de Robótica Educativa de âmbito Nacional</i> .....	140
4.4.3 <i>Projetos específicos na área da Matemática</i> .....	153
<b>5. PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>157</b>
SUMÁRIO.....	157
5.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO DO ESTUDO.....	158
5.1.1 <i>Estudo de caso como estratégia de investigação</i> .....	158
5.1.2 <i>O papel da investigadora</i> .....	160
5.2 PLANIFICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES .....	161
5.2.1 <i>Planificação global</i> .....	161
5.2.2 <i>Preparação do estudo</i> .....	168
5.2.3 <i>Fase 1: Aprendizagem dos conceitos básicos de robótica</i> .....	170
5.2.4 <i>Fase 2: Abordagem de temáticas curriculares com robótica</i> .....	179
5.2.5 <i>Fase 3: Projetos educativos multidisciplinares</i> .....	182
5.3 MATERIAIS PEDAGÓGICOS.....	188
5.3.1 <i>Materiais desenvolvidos para o estudo</i> .....	188
5.3.2 <i>Materiais complementares</i> .....	190
5.4 INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS.....	192
5.4.1 <i>Princípios gerais e visão global dos instrumentos de validação</i> .....	192
5.4.2 <i>Dados da observação</i> .....	194
5.4.3 <i>Registos Vídeo</i> .....	195
5.4.4 <i>Diário de Bordo e notas de campo da Investigadora</i> .....	196
5.4.5 <i>Questionários</i> .....	197
5.4.6 <i>Documentos produzidos pelos alunos</i> .....	198
5.4.7 <i>Ficheiros de programação</i> .....	200
5.4.8 <i>Fichas e testes de programação e matemática</i> .....	200
5.4.9 <i>Síntese: a relação dos instrumentos de validação com as questões geradoras</i> .....	201
5.5 CONTEXTO DO ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES.....	202
5.5.1 <i>Contexto educativo</i> .....	202
5.5.2 <i>Seleção dos participantes</i> .....	203
5.5.3 <i>Caracterização dos participantes</i> .....	205
<b>6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>213</b>

SUMÁRIO .....	213
6.1 TRABALHO DE CAMPO.....	214
6.1.1 Fase 1: aprendizagem dos conceitos básicos de robótica .....	215
6.1.2 Fase 2: Abordagem de temáticas curriculares com robótica .....	241
6.2 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DOS INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS.....	272
6.2.1 Grelhas de observação dos alunos .....	273
6.2.2 Relatórios de autoavaliação das sessões .....	276
6.2.3 Diários de bordo dos alunos: análise por categorias.....	286
6.2.4 Análise dos questionários realizados aos alunos .....	296
6.2.5 Análise do desempenho dos alunos nos exercícios de programação.....	311
6.2.6 Análise do desempenho dos alunos relativos a competências matemáticas: pré-testes e pós-testes .....	313
6.3 SÍNTESE .....	317
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>319</b>
SUMÁRIO.....	319
7.1 SÍNTESE DO TRABALHO REALIZADO E SUAS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES.....	320
7.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS E SUA RELAÇÃO COM AS QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO .....	323
7.3 TRABALHO FUTURO .....	341
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>343</b>
<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>381</b>
ANEXOS SESSÕES .....	381
ANEXOS TESTES .....	382
ANEXOS QUESTIONÁRIOS .....	382
OUTROS INSTRUMENTOS .....	382

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Descrição das peças técnicas de construção	68
Tabela 2 - Descrição dos componentes do ambiente de programação	69
Tabela 3 - Blocos da Paleta de Comandos Básicos	74
Tabela 4 - Competências específicas dos diversos domínios curriculares da matemática (esquerda) e tarefas da Robótica Educativa que trabalham essas competências (direita)	120
Tabela 5 - Competências específicas dos diversos domínios curriculares da matemática (esquerda) e tarefas de RE que trabalham essas competências (direita)	122
Tabela 6 - Fases do estudo realizado e indicação das questões de investigação que se pretendem ver respondidas durante cada uma destas fases	164
Tabela 7 - Fases de implementação do estudo	166
Tabela 8 - Horário das sessões de robótica	170
Tabela 9 - Categorias das respostas mencionadas pelos alunos no questionário preliminar (Q1)	209
Tabela 10 - Categorias das respostas mencionadas pelos alunos no questionário preliminar (Q1) (Questão 18)	211
Tabela 11 - Síntese das questões e respetivos instrumentos	212
Tabela 12 - Evidências no diário de bordo dos alunos - categoria dificuldades e tentativas falhadas	288
Tabela 13 - Evidências no diário de bordo dos alunos - categoria sucessos	289
Tabela 14 - Evidências no diário de bordo dos alunos - categoria divertido	291
Tabela 15 - Evidências no diário de bordo dos alunos - categoria aborrecido	291
Tabela 16 - Evidências no diário de bordo dos alunos - categoria dificuldades em trabalhar em grupo	293
Tabela 17 - Evidências no diário de bordo dos alunos - categoria novas aprendizagens	296
Tabela 18 - Resultados do primeiro inquérito fechado	304
Tabela 19 - Resultados do segundo inquérito fechado sobre as perceções dos alunos em relação a diversas tarefas realizadas	305
Tabela 20 - Resultados do terceiro inquérito fechado	306
Tabela 21 - Resultados do inquérito para aferição da percepção do grau de dificuldade das atividades	307
Tabela 22 - Síntese	317

## Índice de Figuras

Figura 1 - Componentes básicos de processamento de informação (Tennyson,1990).....	17
Figura 2 - Zona de Desenvolvimento Proximal .....	33
Figura 3 - O RCX: a unidade de controlo do sistema Lego Mindstorms e respetivos interfaces .....	54
Figura 4 - Ilustração do bloco programável Lego NXT e das suas interfaces de ligação .....	63
Figura 5: Ilustração dos sensores usados no kit Lego Mindstorms NXT.....	64
Figura 6: Ilustração de um servomotor do kit Lego Mindstorms NXT .....	64
Figura 7 - Componentes de Construção do Robô.....	66
Figura 8 - Interface do ambiente de programação .....	69
Figura 9 - Janela inicial.....	70
Figura 10 - Folha de Programação.....	71
Figura 11 - Barras de Comandos adaptado de Cnotinfor .....	73
Figura 13 - Robô Parallax.....	76
Figura 14 - Robô Fischertechnik.....	76
Figura 15 - Construção com material de sucata.....	77
Figura 16 - Modelo 6 C's por 6 C's (Adaptado de Bers, 2008) .....	102
Figura 17 - Ilustração das áreas curriculares que se podem abordar com RE (adaptado de Bers, 2008) .....	114
Figura 18- Visão global das diversas fases do estudo e instrumentos de validação (Inicial).....	162
Figura 19 - Planificação ajustada ao estudo realizado na dissertação.....	163
Figura 20 - Ilustração de exercícios de programação no robô referentes à sessão 4.....	173
Figura 21 - Ilustração de exercícios de programação no robô referentes à sessão 5.....	174
Figura 22 - Ilustração de um exercício para a exploração do sensor de toque .....	175
Figura 23 - Ilustração de um exercício para a exploração do sensor de luz .....	176
Figura 24 - Ilustração de um exercício para a exploração do sensor ultrassónico.....	177
Figura 25 - Ilustração de um programa usando o sensor ultrassónico.....	178
Figura 26 - Ilustração de um programa usando o sensor de som .....	178
Figura 27 - Exercícios que ilustram a sessão de abordagem a temáticas curriculares de matemática .....	182
Figura 28 - Projeto RobôCarochinha .....	183
Figura 29 - Projeto "Os Três Porquinhos" .....	184
Figura 30 - Projeto "O Capuchinho Vermelho".....	185
Figura 31 - Projeto " O Manel e a Maria dançam o vira minhoto" .....	186
Figura 32 - Projeto "A Princesa Gualtar" .....	188
Figura 33 - Página de entrada da Wiki desenvolvida.....	191
Figura 34 - Mapa global dos instrumentos de recolha de dados .....	194
Figura 35 - Pastas existentes no robô NXT.....	225
Figura 36 - Ilustração da pasta "My Files" .....	227
Figura 37 - Tarefa 1 de programação no robô e programa para a realizar .....	228
Figura 38 - Programa para a tarefa 4.....	230
Figura 39 - Programa para a tarefa 5.....	230
Figura 40 - Programa referente à tarefa 7.....	231
Figura 41 - Fotografia retirada no desenrolar das atividades, mostrando alunos na execução de uma das tarefas de programação .....	234
Figura 42 - Programa exemplo para uso dos sensores de toque .....	238
Figura 43 - Programa para exemplificação do uso dos sensores de luz.....	238

Figura 44 - Respostas dos alunos a algumas questões onde se usa o sensor de luz para explorar o ambiente.....	239
Figura 45 - Programa exemplo do uso do sensor ultrassónico .....	240
Figura 46 - Respostas dos alunos a algumas questões onde se usa o sensor ultrassónicos para explorar o ambiente.....	240
Figura 47 - Respostas dos alunos a algumas questões onde se usa o sensor de som para explorar o ambiente.....	241
Figura 48 - Exemplos do registo das medições de dois dos grupos na questão 1 .....	243
Figura 49 - Exemplo de tabela de respostas à questão 2.....	247
Figura 50 - Exemplos de respostas dos alunos à questão 3.....	248
Figura 51 - Fotografia dos alunos no desenvolvimento da questão 3.....	249
Figura 52 - Exemplo de respostas dos alunos à questão 4.....	251
Figura 53 - Exemplo de respostas de alunos à questão 5 .....	254
Figura 54 - Exemplo de resposta à questão 6c).....	257
Figura 55 - Exemplos de resposta à questão 7.....	259
Figura 56 - Exemplo de respostas dos alunos à questão 8 .....	262
Figura 57 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 9 c).....	262
Figura 58 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 10).....	263
Figura 59 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 13 .....	269
Figura 60 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 14 .....	270
Figura 61 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 15 .....	271
Figura 62 - Resultados do preenchimento da grelha de observação dos alunos por parte da investigadora.....	274
Figura 63 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 1 .....	277
Figura 64 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 2.....	277
Figura 65 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 3.....	278
Figura 66 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 4.....	278
Figura 67 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 5.....	279
Figura 68 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 6.....	279
Figura 69 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 7.....	280
Figura 70 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 8.....	280
Figura 71 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 9.....	281
Figura 72 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 10.....	281
Figura 73 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 11.....	282
Figura 74 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 12.....	282
Figura 75 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 13.....	283
Figura 76 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 14.....	284
Figura 77 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: Questão 15.....	284
Figura 78 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 16.....	285
Figura 79 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 17.....	286
Figura 80 - Resultados do questionário de avaliação do software.....	297
Figura 81 - Respostas à questão "O robô motivou para a matemática?" e respetivas justificações.....	298
Figura 82 - Respostas à questão " Gostaste de usar robôs para resolver situações problemáticas nas tuas aulas?" e respetivas justificações.....	299
Figura 83 - Respostas à questão " Gostaste de realizar o trabalho a pares?" e respetivas justificações.....	300
Figura 84 - Respostas à questão "Tinhas aprendido mais se tivesses trabalhado sozinho?" e respetivas justificações .....	301
Figura 85 - Respostas à questão "Trabalhar com o colega permitiu partilhar de ideias?" e respetivas justificações.....	301
Figura 86 - Respostas à questão "Recorreste ao professor para esclarecer dúvidas?" e respetivas justificações.....	302
Figura 87 - Resultados das questões relativas ao desempenho dos alunos nas atividades de Robótica.....	308
Figura 88 - Respostas dos alunos em relação às áreas com aprendizagem relevante nas atividades.....	309

<b>Figura 89 - Respostas dos alunos em relação às tarefas matemáticas trabalhadas nas atividades</b> .....	310
<b>Figura 90 - Resultados dos alunos nos exercícios selecionados das sessões 5 e 6</b> .....	311
<i>Figura 91 - Resultados dos alunos nas diversas questões do teste de programação</i> .....	312
<i>Figura 92- Resultados dos alunos no pré-teste de matemática</i> .....	314
<i>Figura 93 - Resultados dos alunos no pós-teste</i> .....	315

# 1. Introdução

"Espalhado pelo mundo, existe um apaixonado caso de amor entre crianças e computadores."

(Papert, 1997)

## 1.1 Contextualização e motivação

Esta investigação vem no seguimento de um estudo anteriormente realizado, pela autora, no âmbito do trabalho de mestrado, intitulado "RobôCarochinha: Um Estudo Qualitativo sobre a Robótica Educativa no 1º Ciclo do Ensino Básico" (Ribeiro, 2006). Nesse estudo, foi criado e desenvolvido um projeto abordando as várias áreas curriculares do Ensino Básico do 1º ciclo, utilizando a Robótica Educativa (RE).

O trabalho passou pelo desenvolvimento de um projeto envolvendo a construção e a programação de robôs *Lego Mindstorms* por alunos do 1º ciclo, com vista à dramatização da popular história "A Carochinha" usando os robôs. Cada um dos robôs envolvidos representava uma das personagens da história e tinha que seguir um conjunto de passos que emergiam da própria sequência dos acontecimentos.

Este estudo preliminar foi organizado em várias fases tendo incluído uma etapa de aprendizagem dos conceitos de Robótica envolvidos por parte dos alunos participantes e, numa fase posterior, o desenvolvimento da "peça" propriamente dita. Foram trabalhadas competências ao nível da matemática, das ciências, da língua portuguesa e das expressões dramática, musical, plástica e tecnológica. Em termos metodológicos, o estudo realizado foi de índole qualitativa, inserindo-se num paradigma interpretativo da investigação educativa, tendo sido usados como instrumentos de recolha de dados a observação direta, os registos em vídeo, questionários e entrevistas e, ainda, os documentos produzidos pelos alunos. Estes foram usados para aferir da evolução dos participantes ao longo do projeto e das suas atitudes perante o mesmo. Foram analisadas as competências trabalhadas nas

atividades, bem como a relação destas com as filosofias construtivista e construcionista do processo de ensino-aprendizagem.

Neste trabalho, os alunos foram desafiados a explorar um robô, construindo-o e programando-o, a trabalhar em equipa e de forma cooperativa, a projetar e testar os seus protótipos, a resolver os problemas com que se depararam, a elaborar as suas próprias estratégias e métodos para uma melhor exploração dos materiais e desafios apresentados e, ainda, a construir os seus próprios conhecimentos sobre os conceitos trabalhados.

No final deste trabalho e perante os resultados obtidos, a investigadora ficou com a sensação de que poderia descobrir e investigar com maior profundidade outras potencialidades relacionados com a Robótica Educativa e com as áreas disciplinares do 1º ciclo, promovendo uma validação mais efetiva das suas valências pedagógicas.

De facto, a busca por ferramentas inovadoras que se mostrem eficazes no processo de ensino-aprendizagem faz parte das pretensões de qualquer profissional da educação. Como tal, o propósito de qualquer professor é ter uma ferramenta que motive os alunos e promova a aprendizagem abrangendo o maior leque possível de conteúdos.

A tecnologia cada vez mais se apresenta ao nosso redor de uma forma ubíqua. Os alunos têm acesso generalizado a diversos tipos de tecnologia nas suas casas e na sociedade em geral. Assim, o professor tem de ser capaz de inovar nas suas atividades pedagógicas para motivar os alunos a aprender. Para isso, o professor terá de estar um passo à frente apresentando alternativas e ferramentas inovadoras que captem as suas atenções e que os motivem para a aprendizagem. Pretende-se desta forma, procurar alternativas que possam maximizar o impacto nas salas de aula das novas tecnologias, em particular nas fases mais elementares da educação que, ainda, está muito longe de alcançar os níveis aspirados.

A Robótica Educativa, no trabalho preliminar referido, permitiu realizar uma panóplia de experiências educativas de uma forma acessível, lúdica, baseada em problemas do mundo real tornando as tarefas mais apetecíveis e mais fáceis de assimilar e compreender. Esta tecnologia demonstrou, assim, um potencial que se

julgo necessário e conveniente explorar e validar de forma mais sistemática e exaustiva.

A tecnologia na escola é vista de duas maneiras: capacitar os alunos no mundo da tecnologia e, por outro lado, usar a tecnologia para favorecer o processo de ensino-aprendizagem. Em ambos os contextos, a Robótica Educativa tem vindo a afirmar-se progressivamente no panorama educativo ao longo dos últimos anos. De facto, fomentado pelo grande desenvolvimento tecnológico, com a importante evolução nas tecnologias da construção e programação de robôs, bem como a baixa progressiva dos custos, este novo campo tem conhecido importante desenvolvimento em alguns países.

O potencial educativo desta nova ferramenta no ensino-aprendizagem em diversas áreas, com especial relevo para a matemática, as ciências físicas e naturais e a educação tecnológica tem sido motivo de entusiasmo por todos os atores deste processo, quer professores, quer alunos e mesmo pais e encarregados de educação.

É indiscutível a admiração de todos aqueles que já utilizaram a robótica em diversas experiências pedagógicas. Contudo, há ainda muitas perguntas que resistem em ficar em aberto na utilização desta ferramenta nos diversos contextos educativos. É sabido que a utilização da Robótica em empreitadas pedagógicas não tem avançado de forma uniforme, tratando-se ainda de casos isolados e não de uma habilidade sistemática de adoção de uma nova ferramenta e sua inclusão nos currículos dos diversos níveis de ensino.

Poderemos atribuir a esta disformidade o facto de não haver a formação necessária para os professores conhecerem a ferramenta e poderem perder o medo, a inexistência de materiais pedagógicos que auxiliem à aplicação da ferramenta na sala de aula e, ainda, ao custo dos materiais.

Como esta ferramenta está, ainda, numa fase prematura espera-se que a aplicação desta tecnologia no contexto educativo possa resolver e ultrapassar as questões anteriormente apresentadas. Cabe às ciências da educação cumprir o seu papel e desenvolver estudos que respondam a questões como as seguintes:

- Que tipos de conteúdos e competências se podem abordar com a Robótica?

- De que forma(s) é que os alunos aprendem utilizando a Robótica e como é que os processos de aprendizagem diferem daqueles conseguidos usando outras ferramentas?
- Que níveis de ensino têm mais a ganhar com a utilização desta ferramenta?
- Que diferenças individuais existem que possam influenciar a aprendizagem dos alunos, quando estes se envolvem em atividades de Robótica?

No trabalho preliminar referido anteriormente, bem como na diversidade de estudos realizados neste âmbito, algumas destas questões têm já sido abordadas. Pretende-se com este trabalho dar um contributo para esta importante missão, neste caso no contexto do nível do Ensino Básico do 1º ciclo. Dada a faixa etária envolvida, este tem sido relativamente pouco explorado pela Robótica Educativa e não são extensos os estudos realizados neste âmbito, pelo que pensamos que o trabalho que aqui se apresenta possa dar um contributo importante na validação da Robótica Educativa como uma ferramenta pedagógica de relevo.

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho de investigação assenta numa questão nuclear que impulsionou todo o trabalho e que nomeámos como questão geradora da investigação “Será a Robótica um instrumento apropriado para que crianças, alunos do 1º ciclo do Ensino Básico, possam aprender, adquirindo competências que contribuam para a sua formação de base?”

Da questão geradora foram segmentadas as questões que se apresentam de seguida e que nortearam todo o projeto e às quais se pretende dar resposta:

- De que modo é que as atividades de Robótica motivam os alunos do 1º ciclo do Ensino Básico para a aprendizagem?
- De que forma é que a utilização de kits de Robótica, que permitem a construção e programação de robôs, é adequada para o nível etário do 1º ciclo do Ensino Básico?
- Que conteúdos dos programas do 1º ciclo do Ensino Básico podem ser abordados recorrendo à implementação de atividades de Robótica Educativa?
- As atividades de Robótica serão suscetíveis de promover a aquisição de competências do 1º ciclo do Ensino Básico e, em caso afirmativo, quais?

Neste âmbito, os objetivos delineados para este trabalho e que constituem um contributo do trabalho para o ensino básico, nomeadamente para o 1º ciclo, foram os seguintes:

- Estudar a Robótica Educativa (experiências, ligação à educação e ensino)
- Desenvolver um conjunto de materiais pedagógicos que permitam o desenvolvimento de atividades de Robótica Educativa nas salas de aulas, por professores do 1º ciclo. As atividades abordam conteúdos e competências do Ensino Básico 1º ciclo de uma forma multidisciplinar.
- A avaliação pedagógica dos materiais desenvolvidos, incluindo a utilização de instrumentos de análise de dados (observação direta, filmagens, questionários, pré e pós-testes, etc.).

- Divulgar a área da Robótica Educativa no Ensino Básico no 1º ciclo, através um portal de Robótica Educativa na Internet (Robowiki).

Os objetivos transversais do trabalho prendem-se ainda com:

- Motivar os alunos nos processos de aprendizagem;
- Estimular a criatividade dos alunos e o seu sentido de responsabilidade;
- Elevar a autoestima dos alunos, estimulando o relacionamento e comunicação interpessoal;
- Desenvolver o raciocínio lógico-matemático e a capacidade de concentração dos alunos;
- Propiciar um ambiente de aprendizagem voltado para a construção do conhecimento;
- Desenvolver habilidades manuais, a pesquisa, a capacidade de solucionar problemas.
- Despertar o interesse dos alunos por áreas tecnológicas como a informática, a robótica e a eletrónica visando desenvolver diversas competências como a criatividade artística e científica.

Neste trabalho, optou-se pela adoção da plataforma *Legó Mindstorms*, sendo esta decisão motivada por um conjunto de fatores que se elencam em seguida:

- Como foi detalhado previamente, a investigadora realizou, já, alguns trabalhos anteriormente com esta plataforma;
- Esta era a plataforma disponível em tempo útil para o desenvolvimento do projeto;
- A plataforma permite mudanças de configuração e extensibilidade, consoante as necessidades, de acordo com a atividade que se deseja explorar.
- A plataforma possui uma linguagem de programação acessível, com ferramentas computacionais contendo interfaces amigáveis;
- Mérito e qualidades reconhecidas a nível mundial;

- Não exige conhecimentos aprofundados de eletrónica e de mecânica, o que possibilita a sua adoção por crianças do 1º ciclo do Ensino Básico;
- Os robôs são de fácil construção/montagem, seguindo a filosofia das conhecidas peças *Lego* que são familiares a todos os alunos.

O trabalho de campo deste estudo dividiu-se em duas fases principais e, ainda, uma fase preparatória que incluiu pré-testes, fichas de caracterização dos alunos e do seu desempenho escolar. Para cada fase do trabalho foram criadas atividades para serem desenvolvidas com alunos do 4º ano de escolaridade.

A primeira fase compreende atividades organizadas num conjunto de sessões para aprender os conceitos de Robótica, nomeadamente o contacto com a ferramenta, construir e programar um robô. As propostas de trabalho foram concebidas para que os alunos tivessem um primeiro contacto com a robótica, que compreendessem o funcionamento de um robô, as suas capacidades e limitações e que se iniciassem no ambiente de programação *Lego Mindstorms*. Assim, os alunos entraram em contacto com as peças de construção, com o microprocessador *NXT*, os sensores de toque, de luz, de som e de ultrassons e, ainda, dos motores. Os alunos tiveram a oportunidade de construir um robô de uma forma livre ou a partir de um manual de construção. Adicionalmente, os alunos aprenderam os primeiros passos de programação dos robôs, para que numa fase posterior pudessem aplicar estes conceitos noutras atividades nomeadamente na resolução de problemas e na criação de projetos multidisciplinares. No final desta fase, os alunos realizaram um teste de programação para que se pudesse avaliar a aprendizagem relativamente aos conceitos de programação de um robô.

A segunda fase compreendeu atividades de programação de robôs voltadas para a aprendizagem de conteúdos e competências de matemática através da resolução de problemas. Assim, estas sessões tinham objetivos concretos sobre os conteúdos do programa curricular de matemática do 4º ano do 1º ciclo. As atividades foram idealizadas e preparadas a partir de situações explícitas no programa curricular de matemática do 4º ano de escolaridade. Foram criadas situações problemáticas para que o aluno, com o auxílio do robô e das ferramentas

de programação, as pudesse resolver usando competências identificadas como nucleares no programa curricular da Matemática.

### 1.3 Organização da Dissertação

O restante da dissertação será organizada da seguinte forma:

- No **capítulo 2**, faz-se uma análise das potencialidades educativas da Robótica no contexto das principais teorias educativas que fundamentam o campo da Tecnologia Educativa;
- No **capítulo 3**, descrevem-se os principais conceitos associados ao campo da Robótica em geral e à sua aplicação como ferramenta educativa em particular;
- No **capítulo 4**, faz-se referência à integração curricular da Robótica Educativa no Ensino Básico, nomeadamente nas áreas curriculares da matemática e ciências, da literatura e linguística e da educação tecnológica e ainda expressões e artes. Apresentam-se, ainda, alguns estudos qualitativos e quantitativos no contexto da avaliação da Robótica Educativa como ferramenta pedagógica;
- No **capítulo 5**, faz-se uma descrição do estudo desenvolvido, apresentando-se a sua fundamentação metodológica, enunciando-se os seus objetivos e descrevendo-se as ações implementadas e os instrumentos utilizados;
- No **capítulo 6**, apresentam-se os resultados do estudo realizado no âmbito deste trabalho e apresenta-se uma discussão da sua relevância;
- Finalmente, no **capítulo 7**, apresentam-se as conclusões do trabalho e apontam-se caminhos para possível trabalho futuro.

## **2. Teorias de Aprendizagem que fundamentam a Robótica Educativa: do Behaviorismo ao Construtivismo**

### **Sumário**

*Este capítulo pretende abordar as teorias pedagógicas mais relevantes, no contexto das bases da Tecnologia Educativa em geral e da Robótica Educativa em particular. Abordam-se as perspectivas behaviorista, construtivista e construcionista, realçando-se os contributos de pensadores como Piaget, Vygotsky e Papert na alteração dos paradigmas teóricos subjacentes aos processos de ensino-aprendizagem. Dada a natureza dos ambientes educativos a considerar neste capítulo, o ênfase é colocado nas abordagens construcionistas como paradigmas nucleares na compreensão do campo da Robótica Educativa.*

## 2.1 O Behaviorismo

A origem da Tecnologia Educativa, com especial relevância para as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) remonta aos anos 1950 e 1960 aquando do desenvolvimento dos primeiros computadores. Nesta época, o quadro da investigação em Educação era dominado pelas ideias behavioristas. Estas tiveram a sua génese na Psicologia, mais concretamente no trabalho de John Watson, com a sua obra *Behaviorism* (1925). Esta corrente defendia uma abordagem mais objetiva à Psicologia, que assentava apenas na apreciação de factos que se podiam observar e medir com rigor. Não considerava que conceitos como a *mente* ou a *consciência* pudessem fazer parte do estudo científico.

Ao nível da educação também estas ideias tiveram grande impacto. Foi a Burrhus Skinner, um dos investigadores mais importantes do *behaviorismo*, que se deve a primeira abordagem da aprendizagem como uma verdadeira ciência empírica. Skinner (1958) considerava dois modelos de aprendizagem: a *respondente* que corresponde ao condicionamento de Pavlov e a *operante* que trata das respostas instrumentais que tiveram efeito sobre o aprendente e que são aprendidas através do *reforço*. As suas experiências com animais permitiram-lhe concluir que para o animal chegar a um comportamento desejável deve premiar-se todo o comportamento que se aproxima deste objetivo, ainda que este seja um processo de progressão lenta e punir-se o não desejável (Torres, 1999).

Skinner, como um comportamentalista, não se interessa por aquilo que se passa no interior do organismo. Antes, porém, defende que o conhecimento é algo que se pode medir, observar e quantificar (Coutinho, 2005). Skinner considera o indivíduo como um *organismo vazio* que é influenciado pelas condições do meio (*estímulos*) alterando o repertório de respostas transferidas. Assim, Skinner defende que a aprendizagem é uma associação entre *estímulos (E)* e *respostas (R)* não sendo esta ordem fixa, antes, porém, valorizando-se o sentido contrário do processo. Assim, as associações E-R e R-E têm a mesma importância, mostrando que há condicionamento quando a resposta é seguida de um estímulo reforçador. O

meio tem uma relevância essencial na conduta do indivíduo, incitando vários metamorfismos.

A principal teoria da aprendizagem, nos humanos, concebida por Skinner foi denominada de *teoria do reforço*, tendo transportado ao chamado *ensino programado* e assentado nos seguintes pressupostos (Skinner 1968, Cooper 1993, Burton et al 1996):

- *comportamentalismo*: a aprendizagem compreende uma mudança de comportamento que resulta da associação entre o estímulo e a resposta correspondente;
- *objetivismo*: o estudo do comportamento humano pode ser efetuado olhando apenas a ações externas que podem ser observadas e medidas;
- *antimentalismo*: os processos mentais internos não interferem no comportamento exterior do indivíduo e não sendo mensuráveis não podem ser tidos em conta;
- *ambientalismo*: a aprendizagem resulta da interação do indivíduo com o meio ambiente que o rodeia e não é uma característica interna deste;
- adquirir conhecimento implica atividade por parte do aluno, que não o pode assimilar passivamente mas deve aprender através de um processo de *tentativa e erro*;
- *conexionismo*: a aprendizagem é o resultado do estabelecimento de conexões entre os estímulos e as respetivas respostas do aluno;
- há uma relação funcional entre o estímulo que precede a resposta (*antecedente*), o estímulo que se segue à resposta (*consequente*) e a resposta em si (*operante*);
- *reforço*: ao reforçar os comportamentos desejados promove-se a aprendizagem (Thompson 1996).

Skinner resgata a *lei do efeito* de Thorndike e confere-lhe um novo nome – *reforço*. Na teoria de instrução skinneriana, o *reforço* apresenta-se como um peça fundamental pelo facto de ser ele que instiga e desencoraja a ocorrência de

condutas ou atitudes (Thompson et al, 1996). O modo como é observado e medido define, em termos operacionais, o *reforço* (Coutinho, 2005). A *lei do efeito* de Thorndike refere que quando uma conduta é premiada se conectará muito mais do que quando uma conduta é passível de um castigo (Torres, 1999 e Coutinho, 2005).

Skinner, por sua vez, apresenta uma distinção entre *reforço positivo* e *reforço negativo*. Para ele, o *reforço positivo* significa que a probabilidade da ocorrência da resposta aumenta de acordo com o estímulo dado à situação. Por outro lado, o *reforço negativo* ocorre quando um estímulo retirado à situação aumenta a probabilidade de ocorrência da resposta (Coutinho, 2005).

Relativamente às respostas, Skinner também faz uma diferenciação. Considera as respostas como:

- *Respondentes* - que são consideradas reflexos (de Pavlov);
- *Operantes* - são respostas ocorridas espontaneamente sem ter sido desencadeadas por estímulos incondicionados.

Skinner acredita que a grande parte do comportamento humano é de *respostas operantes*, surgindo o que se designa por *condicionamento operante* onde os animais são cobaias das suas experiências. Deste modo, faz, seguidamente, a extrapolação dos resultados obtidos com os animais para os seres humanos. Skinner acreditava que tanto animais como seres humanos podem ser controlados e condicionados passo a passo, sendo cada resposta correta seguida de *reforço*, até se atingir formas complexas de comportamento. É a partir destes pressupostos que Skinner desenvolveu e testou a sua primeira *máquina de ensino* que teve como resultado uma revolução na Tecnologia Educativa (Coutinho, 2005).

As implicações destes pressupostos no processo de ensino-aprendizagem resultam num modelo onde existe uma sequência natural dos conteúdos a ensinar, prosseguindo a aprendizagem passo a passo, por objetivos bem definidos de crescente complexidade. Os alunos são, em cada momento, convidados a responder e recebem de imediato o respetivo *reforço* que lhes permite progredir para

conteúdos mais complexos. Esta progressão é subtil, fragmentada e simplificada, permitindo uma aprendizagem sem erros (Landsheere 1993).

Este modelo de *instrução programada* é caracterizado por três fases distintas: *análise*, *desenho* e *avaliação*, que correspondem aos passos básicos do método científico: *geração de hipóteses*, *desenho experimental* e *teste da hipótese* (Cooper, 1993). Uma das maiores revoluções desta filosofia pedagógica assenta na importância primordial que é dada à definição de objetivos concretos e mensuráveis, permitindo definir medidas de desempenho. Bloom (1956, 1964) é um dos principais investigadores nesta linha, tentando definir técnicas para uma definição de objetivos pedagógicos sem ambiguidades. Eficiência e objetividade eram palavras de ordem.

A aplicação das ideias behavioristas ao nível da Tecnologia Educativa foi quase imediata, pois estas encontravam nas ferramentas tecnológicas um meio ideal para colocar em prática os seus fundamentos. O próprio Skinner criou em 1958 uma *máquina de ensinar*, um dispositivo mecânico que implementava as suas ideias e, segundo muitas opiniões resolvia todos os problemas do ensino (Skinner, 1958). O desenvolvimento de dispositivos eletrónicos constituiu uma melhoria tecnológica que permitiu uma implementação mais favorável destas ideias.

Na sala de aula, Skinner aborda técnicas específicas como as *máquinas de ensino* e *organização de reforços* de forma a promover o *controlo dos alunos*. Assim, ao usar prémios, boas notas e promoções está a reforçar a aprendizagem. Para que o *condicionamento operante* seja mais eficaz o *reforço* deverá ser imediato, para isso Skinner usa a *máquina de ensinar* para encurtar a distância entre o comportamento do aluno e os reforços condicionados como as promoções ou as notas. Esta construção necessita de uma supervisão e controlo de planeadores habilitados para isso (Coutinho, 2005).

Historicamente, na década de 60 e 70 surgiram os primeiros audiovisuais para o uso educativo (Thompson et al, 1996). Estas *máquinas de ensinar* e os *textos programados* tiveram um impacto na educação (Shrock, 1991; Seels et al, 1996; Hannafin et al, 1996; Burton et al, 1996; Thompson et al, 1996; Torres, 1999; Coutinho, 2005).

Com a chegada do computador, uma das aplicações mais diretas do behaviorismo foi o chamado *Ensino Assistido por Computador* (EAC) (Dias de Figueiredo, 1987; Coutinho, 2005) onde um programa realiza o papel de *professor* propondo exercícios (estímulos) aos alunos, bem como dando o resultado (*reforço*) após as respostas destes, num processo completamente *automático*. Constituía, assim, mais uma versão das verdadeiras *máquinas de ensino skinnerianas*.

Neste sentido, Jelden (1984) propôs um sistema multimédia baseado no computador e gerido por este que enfatiza a aprendizagem ao ritmo do aluno. Este sistema teria *quatro componentes* essenciais:

- *Interação com o aluno*: que efetua a avaliação das características e capacidades do aluno;
- *Análise da instrução*: analisa e ordena o conteúdo da instrução;
- *Atividades de aprendizagem*: identifica os meios de suporte necessários e define uma sequência de aprendizagem para cada aluno;
- *Avaliação do sistema*: faz uma análise estatística global à eficácia do sistema.

Apesar de alguns estudos a comprovar a sua eficácia, tais como o de Snow e Lohman (1984), as últimas décadas têm imposto um progressivo descrédito às ideias behavioristas, consideradas por vezes como únicas responsáveis dos falhanços de muitos sistemas educativos e até como culpadas do fracasso em atingir muito do potencial das TIC na educação.

Estas ideias são talvez exageradas. De facto, o behaviorismo constituiu uma etapa importante e as metas de tornar a investigação em Educação mais objetiva constituía um objetivo nobre. De facto, o behaviorismo e as técnicas de ensino associadas constituem ainda hoje um marco importante da pedagogia moderna e são usadas em diversos cenários nomeadamente com alunos que apresentam dificuldades de aprendizagem específicas (Landsheere, 1993).

Golub (1983) citado por Cooper (1993) sugere que as aplicações informáticas baseadas nos princípios do behaviorismo são apropriadas para o ensino de conteúdos com uma delimitação clara e uma estrutura bem definida com um grau limitado de ramificações, bem como onde as respostas dos alunos podem

ser com facilidade classificadas como certas ou erradas. Este autor que é bastante crítico de algumas aplicações do *Ensino Assistido por Computador* (EAC), reconhece, no entanto, que a maior parte das críticas a este tipo de aplicações se deve à inépcia dos criadores do software e não a falhas conceituais nos princípios pedagógicos subjacentes.

De qualquer forma, é também verdade que estas ideias mostraram ser redutoras ao nível do desenvolvimento de ferramentas pedagógicas em muitas áreas do conhecimento e novas ideias foram aparecendo no sentido de melhor compreender o processo de ensino-aprendizagem. O behaviorismo, para muitos, afigura-se como uma luz reducionista e fragmentada que apenas guia ao desenvolvimento de competências de natureza mecanicista. Contudo, foi esta teoria que permitiu o desenvolvimento de uma tecnologia de instrução nunca vista. Esta teoria esteve na base de inovações tecnológicas de carácter educativo (Burton et al, 1996).

Ainda assim, o *design de instrução behaviorista* consistindo de ambientes bem estruturados e orientados com objetivos bem definidos permitiram que a aprendizagem ocorresse tornando-se muito profícuo na aprendizagem de determinadas matérias, em algumas áreas do conhecimento muito particulares e, ainda, com alunos que revelavam dificuldades de aprendizagem. Contudo, com alunos com mais capacidades cognitivas esta teoria não teve sucesso, fracassando e conduzindo a resultados frustrantes (Cooper, 1993; Winn & Snyder, 1996; Coutinho, 2005).

## **2.2 O Cognitivismo**

Foi nos finais da década de 50 que uma nova corrente de investigação em Psicologia viu a luz do dia: *a psicologia cognitiva*. Esta defendia o ser humano como um processador ativo de informação, capaz de a procurar e de a transformar. Os cognitivistas acreditavam que ao observar as respostas dadas a diferentes

estímulos se conseguia apreender acerca da natureza dos processos mentais (Winn & Snyder, 1996).

As implicações ao nível das teorias da aprendizagem são óbvias, com o aprendiz a ser capaz de organizar o conhecimento modificando as suas *representações mentais* (Hannafin & Hooper 1993). Desta forma, o aluno passa a ter um papel muito mais ativo na aprendizagem do que aquele que lhe era reservado pelas ideias behavioristas.

No entanto, esta nova corrente não se opunha diretamente às ideias behavioristas, uma vez que ainda que tentando perceber os *processos internos de processamento de informação*, a *realidade externa* continua a determinar a forma objetiva de avaliar a aprendizagem. De facto, no plano dos princípios subjacentes as duas teorias têm bastante em comum, nomeadamente (Pozo, 1994):

- *Associacionismo*: a ideia de que o conhecimento se alcança a partir de associações de ideais, representações das impressões captadas pelos sentidos a partir do mundo exterior;
- *Isomorfismo*: princípio da correspondência entre as representações mentais e a realidade exterior;
- *Mecanicismo*: os estados mentais não são eficazes, a aprendizagem é impulsionada pelo meio exterior e não constitui uma qualidade intrínseca do indivíduo;
- *Equipotencialidade*: as leis da aprendizagem são igualmente aplicáveis a todos os ambientes, espécies e indivíduos;
- *Positivismo*: a aprendizagem deve ser objetiva e as suas teorias devem resultar da investigação empírica (Vignaux, 1991; Winn & Snyder, 1996; Coutinho, 2005).

Por outro lado, no que diz respeito à metodologia ambas as tendências se centram (Torres, 1999):

- na otimização da transferência de conhecimento para a mente;

- nos resultados comportamentais da aprendizagem;
- no favorecimento do armazenamento da informação e na capacidade de a recuperar quando se torna necessário;
- na medida da eficácia e eficiência da aprendizagem.

Apesar de todas estas semelhanças não há dúvidas que a psicologia cognitiva trouxe uma visão mais holística ao processo de ensino-aprendizagem, tendo preocupações com as *estruturas internas* e com os *mecanismos de processamento mental da informação*.

A contribuição da psicologia cognitiva ao nível da Tecnologia Educativa é bastante relevante. De facto, o conceito de *processamento de informação* está também na base das modernas Tecnologias da Informação. Tennyson (1990) apresenta um *modelo de processamento de informação* (**Figura 1**) que se aplica às necessidades associadas com a Tecnologia Educativa e que tem as seguintes componentes básicas:

- *Receptores sensoriais*: formas através das quais a informação é integrada no sistema;
- *Perceção*: primeira avaliação do potencial da informação recebida, podendo ajudar no planeamento de ações e na direção da atenção do sistema;
- *Memória de curto prazo e de trabalho*: memória que lida com os processos cognitivos imediatos.
- *memória de longo prazo*: que engloba componentes de armazenamento e evocação.

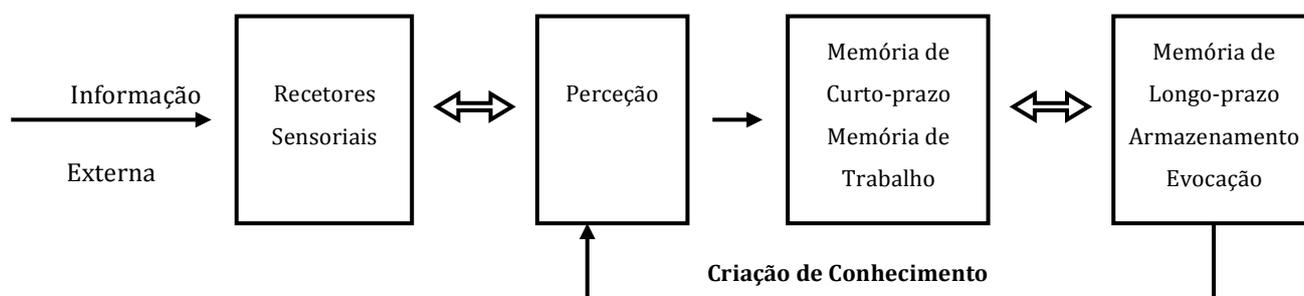


Figura 1 - Componentes básicos de processamento de informação (Tennyson,1990)

As teorias cognitivas tiveram uma grande influência sobre os princípios adotados ao nível do planeamento de métodos de instrução. Assim, foram definidos alguns princípios essenciais (Gagné e Merrill 1990):

1. *Princípio da estrutura cognitiva* – o objetivo da instrução passa pelo desenvolvimento da estrutura cognitiva mais consistente com o resultado desejado da instrução, encarando desta forma a aprendizagem como um processo e não mais como um produto;
2. *Princípio da elaboração* – o objetivo da instrução passa por dotar o indivíduo de uma estrutura cognitiva mais elaborada, de forma a que este atinja o desempenho desejado;
3. *Princípio da orientação do aprendiz* – o objetivo da instrução é promover o processamento cognitivo ativo, de forma a que o aluno possa seleccionar a estrutura mais apropriada ao objetivo pretendido.
4. *Princípio da prática* – o objetivo da instrução é permitir uma prática continuada em que o aluno demonstra o desempenho desejado, ou dele se aproxima, sendo monitorizado e recebendo as respostas adequadas, quer quanto ao resultado quer quanto ao processo.

A orientação do processo de programação da instrução baseado nestas novas ideias sofre uma inflexão clara no sentido de tomar em consideração com muito mais veemência as características individuais de cada aluno. Este facto tem influência direta nas aplicações de *EAC*, onde progressivamente vão sendo mais visíveis funcionalidades que suportam a instrução mais individualizada.

É neste sentido que são propostos modelos para mecanismos de implementação de tutores inteligentes, que na ótica de Orey (1991) compreende os seguintes componentes:

- *Interface* - a forma como o sistema interage com o utilizador;
- *Módulo perito* - tipicamente constituído por uma base de dados que guarda as respostas corretas;

- *Módulo do aluno* - que guarda uma representação dos tipos de erros cometidos pelos alunos;
- *Módulo pedagógico* - que guarda a informação conhecida sobre cada aluno e as respostas deste no sistema, tomando decisões sobre a apresentação dos conteúdos.

Com esta teoria surge a noção de *manipulação de objetos simbólicos* em que os sujeitos interiorizam mecanismos e procedimentos para processar a informação. O desenvolvimento de destrezas de manipulação simbólica permitem desenvolver a capacidade de resolução de problemas (Coutinho, 2005).

### 2.3 O Construtivismo versus Instrucionismo

Apesar das suas virtudes, é certo que nenhuma das abordagens anteriores conseguiu resolver os problemas que se colocavam em termos de enquadramento teórico e planeamento de ferramentas de instrução. De facto, verificava-se que os paradigmas objetivistas não eram capazes de responder às exigências de um mundo dinâmico, caracterizado por mudanças rápidas e que cada vez mais solicitava indivíduos capazes de aprender e adaptar o seu conhecimento. De facto, tal como é referido por Area (2001) as instituições educativas funcionavam como sempre o tinham feito desde o século XIX, mesmo na entrada do século XXI.

As teorias de aprendizagem dividiam-se, até então, em duas grandes categorias, a *Apriorista* e a *Empirista*. A categoria *Apriorista* defende que o conhecimento está presente no indivíduo em si, ou seja, está armazenado na sua carga genética. Por sua vez, a categoria *Empirista* sustenta que o conhecimento está no ambiente, nas coisas presentes no dia-a-dia da pessoa, na cultura vivida. Os grupos de contactos são os responsáveis por passar o conhecimento. Este pode ser transmitido de uma forma oral, escrita, gestual ou de qualquer outro meio.

Piaget não considerava válido nem o *apriorismo* nem o *empirismo*. Para ele, o conhecimento era fruto da *interação* ocorrida entre *sujeito* e o *meio*, partindo das

estruturas precocemente existentes no sujeito. De outra forma, o conhecimento é fruto da relação entre as *estruturas cognitivas intrínsecas* do sujeito com o objeto.

Ao processo de relação entre as partes *sujeito-objeto*, Piaget designou-o de *Adaptação* (Piaget, 1975). Este processo está segmentado em dois momentos: a *Assimilação* e a *Acomodação*.

Por *Assimilação* entende-se o processo que compreende as ações que o sujeito irá empreender de forma a internalizar o objeto, ajustando-o às suas compreensões cognitivas. Pela *Assimilação*, a criança integra um novo dado perceptual nos seus esquemas cognitivos tentando harmonizar as novas experiências às estruturas cognitivas existentes.

Por *Acomodação* entende-se o processo que permite aos indivíduos alterarem as suas estruturas cognitivas de forma a compreenderem e entenderem o objeto perturbante. Quando a criança confere que não detém os esquemas cognitivos que se exibem de novo ela acomoda este novo estímulo e adiciona um novo esquema no processo, ou seja, a criança concebe um novo esquema ou altera um existente em função de um novo conhecimento (Piaget, 1975).

Perante estas sucessivas e permanentes sinergias entre a *assimilação* e *acomodação*, o sujeito, através de um procedimento de desenvolvimento cognitivo, vai-se adaptando ao meio externo. A este processo contínuo e continuado sempre em desenvolvimento foi dado o nome de *Construtivismo* (Piaget, 1975).

O construtivismo assume que a construção do conhecimento é uma reformulação de conhecimentos preliminares. É uma reestruturação do que já alcançámos para um novo nível desenvolvendo novas soluções, a partir das próprias estruturas internas do sujeito.

O quadro seguinte exemplifica a ação do construtivismo segundo Pozo (2000):

Unidade de análise	Estruturas
Sujeito	Ativo/Dinâmico
Origem da mudança	Interna
Natureza da mudança	Qualitativa
Aprendizagem por	Reestruturação

O construtivismo assenta na tese de que o aluno só aprende quando constrói alguma coisa e não quando alguém lhe transfere o conhecimento. O aluno deverá ter a oportunidade de retirar as suas próprias ilações, descobertas e conclusões.

Como refere Coutinho (2005), a aprendizagem passa a ser vista como um processo ativo de construção e não simplesmente um adquirir de conhecimento. Assim, o objetivo do processo instrutivo é o de ajudar à construção do conhecimento e não realizar a sua transmissão. Segundo esta visão, é o aprendiz que detém o papel principal neste processo, passando do processador de conhecimento para o construtor do conhecimento, tornando-se o centro do processo e relegando o professor, os conteúdos e o ambiente para um papel de suporte, onde deverão contribuir para criar as condições necessárias a este processo.

Neste contexto e, ainda, segundo Coutinho (2005) a construção de representações do conhecimento é uma atividade única e pessoal mas que está fortemente dependente do contexto em que ocorre, dado tratar-se de uma atividade sociocultural onde estão envolvidos o professor, outros alunos, os conteúdos e todo o contexto que envolve o processo. Um professor construtivista deverá ser capaz de observar e avaliar os seus alunos mas também interagindo com as crianças enquanto elas incrementam suas atividades, aplicando desafios para a melhoria do raciocínio. A intervenção do professor deverá ocorrer só quando há conflitos de modo a facilitar a resolução e a autorregulação por parte dos alunos (Gura, 2007).

Jonassen (1991) discute as diferenças entre as assunções do *objetivismo* (que engloba o behaviorismo e o cognitivismo) e as do construtivismo. Assim, os objetivistas encaram a realidade como externa ao aluno com a mente atuando como processador de informação provindo dessa realidade. O significado é derivado da estrutura desta realidade, através do processamento mental de representações simbólicas. O construtivismo, por outro lado, encara a realidade como sendo determinada pelas experiências do próprio aluno.

Apesar de o construtivismo se tratar essencialmente de uma teoria da aprendizagem, as ideias que defende têm um impacto considerável no desenvolvimento de técnicas de instrução adequadas. Uma vez que se considera que a aprendizagem é um processo de construção e de descoberta pessoal, centrado no aluno, torna-se necessário desenvolver ferramentas de instrução que proporcionem ambientes onde o aluno possa encontrar a interação necessária ao processo de aprendizagem.

Um dos principais pressupostos do construtivismo assenta no facto de que o significado se desenvolve com base na experiência, pelo que o contexto faz parte do conhecimento (Bednar et al, 1992). Desta forma, a aprendizagem deverá ser *situada* ou *ancorada*, ou seja, deverá ter lugar com base em tarefas reais e contextos relevantes (Duffy e Jonassen 1992). Os ambientes a desenvolver terão então que proporcionar problemas reais, com grau de complexidade ajustado e acima de tudo que tenham relevância reconhecida pelos próprios alunos.

Por outro lado, as ferramentas a desenvolver terão que ter em consideração o papel do aluno e do professor neste novo contexto. Assim, o papel do designer não será o de definir estratégias de instrução, desempenhando antes um papel de apoio. O aluno selecionará as suas próprias estratégias de aprendizagem e definirá frequentemente os seus próprios objetivos. Um último aspeto que se torna bastante relevante no desenvolvimento de ferramentas de instrução segundo os princípios construtivistas é a necessidade de desenvolver ambientes que promovam uma aprendizagem colaborativa, onde os alunos possam partilhar e debater pontos de vista alternativos.

As metodologias construtivistas de educação têm supremacias reconhecidas nos níveis de ensino mais elementares, nos quais se inclui naturalmente o 1º ciclo. Neste nível etário tem sido peculiarmente pertinente o propósito do *aprender fazendo* (Papert, 1993) através da manipulação de materiais, participando na pesquisa ativa e em experiências lúdicas (Ribeiro, 2006).

Por outro lado, a Tecnologia Educativa oferece um conjunto de ferramentas com um potencial grandioso para implementação das ideias construtivistas. Saliente-se, neste contexto, os casos do software educativo, os ambientes

hipermédia de e-learning e os ambientes de realidade virtual (Bers et al, 2002).

Em todos estes casos e assumindo que no processo de desenvolvimento se tomam em conta as ideias defendidas pelo construtivismo, podem desenvolver-se ferramentas que implementam estas ideias de forma bastante eficaz.

Neste âmbito, pode também afirmar-se que a robótica constitui um excelente meio de suporte a estas ações, envolvendo crianças e professores no desenvolvimento ativo de projetos que combinam materiais manipulativos conhecidos com outros de carácter inovador. Por exemplo, os kits de robótica oferecem um novo leque de materiais manipulativos para as crianças explorarem.

Ainda assim, há algumas limitações no uso da Tecnologia Educativa, e em particular das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) neste âmbito. De facto, o que acontece é que poucos professores têm a experiência e as competências necessárias para esta tarefa. Mesmo os melhores de entre eles apenas saberão usar o computador em algumas aplicações, mas ainda estão longe de terem desenvolvido uma verdadeira *fluência tecnológica*, i.e., não conseguem ainda aplicar a tecnologia com pouco esforço, por exemplo escrevendo histórias, desenhando esquemas ou diagramas ou até programando um robô. Tal como aprender uma segunda língua também a fluência tecnológica requer tempo e muita motivação. Muitos professores talentosos, que seguem filosofias construtivistas, quando colocados perante o desafio de usar computadores nas suas salas de aula, regressam aos meios mais tradicionais de instrução. Falta-lhes o necessário treino e formação, um aspeto que terá que ser endereçado sob pena de levar ao fracasso destas ações (Bers et al, 2002).

## **2.4 Conceitos chave numa conceção construtivista da aprendizagem**

As ideias construtivistas são as que mais relevância têm para o domínio da Tecnologia Educativa ao nível da fundamentação teórica e da investigação no terreno onde os novos papéis das tecnologias se analisam e por isso se tratam

nesta secção um conjunto de conceitos que são essenciais para a sua melhor compreensão.

### 2.4.1 Cognição situada

Segundo Lave & Wenger (1990) a aprendizagem é resultado da empreitada, da conjuntura e da cultura em que acontece e por esse motivo lhe chamam *situada* contradizendo com as atividades de sala de aula artificiais, abstratas e descontextualizadas.

Alguns autores incitam à conceção de contextos de aprendizagem *autênticos* em que (Bednar et al, 1992; MacLellan, 1996; Jonassen, 1996; Jonassen, 1999):

- A tarefa apareça de forma integrada e *ancorada* num contexto mais amplo e não de forma isolada (Bransford et al, 1990, citados em Bednar et al, 1992:25);
- Qualquer tarefa só se torna legítima se for capaz de aplicar as mesmas instigações cognitivas, ao aluno, com que este se depara na realidade (Spiro & Jeng, 1990; Savery & Duffy, 1996);
- A autenticidade aplica-se à tarefa em si e ao contexto mas sobretudo aos objetivos que desencadeiam a resolução de problemas (Brown et al, 1989);
- Numa sala de aula dever-se-á manter o nível de complexidade do mundo real devendo o ambiente ser tão semelhante quanto possível ao mundo real. O aluno deverá ser capaz de compreender o conceito imerso nessa complexidade multidimensional (Spiro & Jeng, 1990).

A teoria da *cognição situada* foi desenvolvida por investigadores como Brown et al (1989) que ressaltam o conceito de *ambientes de aprendizagem com suporte tecnológico*. Brown et al (1989) culpa a escola pelo seu insucesso. Defende que a escola fomenta atividades desligadas dos contextos reais em que o conhecimento é construído.

## 2.4.2 Aprendizagem colaborativa

O modelo de ensino denominado aprendizagem *cooperativa* ou *colaborativa* tem sido alvo de grande interesse, passando a ser considerado como um método eficaz de estruturar a aprendizagem (Slavin, 1983). Este modelo contempla a aprendizagem de matérias e aptidões escolares mas, acima de tudo, contempla metas e objetivos sociais relevantes.

Siqueira e Alcântara (2003) defendem que a planificação das atividades realizada pelo professor e as estratégias por si combinadas deverão ter em conta os anseios dos alunos e a forma como eles interagem com o saber.

A aprendizagem colaborativa considerada como uma forma de aprendizagem cultural, implica que quando as pessoas falam entre si estão a construir o seu conhecimento através daquilo que se designa de sucessivos ajustes de aprovações. Para que essa aprendizagem ocorra é necessário que haja trabalho de grupo implicando haver interações sistemáticas que obriguem o aluno a ser capaz de resolver determinadas tarefas de modo a chegarem a um consenso final. Cada sujeito deverá colaborar com reflexões e conceitos de modo a transformar ou complementar e aperfeiçoar as ideias dos restantes elementos do grupo, originando, deste modo, uma participação ativa dentro do grupo de trabalho (Coutinho, 2005).

Para Arends (1994) a aprendizagem colaborativa implica que haja um trabalho em equipa, que essa equipa seja heterogénea, ou seja, constituída por alunos de níveis, sexos e raças diferentes. Também refere que os sistemas de compensação deverão ser direcionados para o grupo e nunca para o indivíduo.

A *aprendizagem colaborativa* fomenta um melhor desempenho académico. Os alunos ao trabalharem em grupo e em constante participação ativa, ao trocarem ideias dentro do grupo estão a aumentar a sua motivação e interesse pela aprendizagem, mas sobretudo a desenvolver a análise e pensamento críticos. A

*aprendizagem colaborativa* promove o crescimento de aptidões de *cooperação* e *colaboração* muito importantes para vivermos em sociedade (Arends, 1994).

Fomentar a *aprendizagem colaborativa* na sala de aula implica que professor proponha novas tarefas que não são dirigidas ao grupo turma, antes, porém, aos grupos de aprendizagem ajudando-os à medida que desenvolvem o seu trabalho. Como cada grupo contempla uma diversidade de sujeitos que se influenciam uns aos outros à medida que ocorrem interações e partilha de relações de interdependência com o propósito de alcançarem metas comuns é da responsabilidade do professor supervisionar o comportamento dos alunos através de uma auscultação direta, intercedendo sempre que necessário com o intuito de originar competências sociais mais apropriadas à circunstância.

### **2.4.3 Flexibilidade cognitiva**

Spiro & Jeng (1990:165) definem a teoria da *flexibilidade cognitiva* como “a capacidade de reestruturarmos o nosso próprio conhecimento, de formas diversas, em respostas que se adaptam a situações que se modificam radicalmente [...] o que depende da forma como representamos o conhecimento (i.e. em dimensões concetuais múltiplas e não singulares) e dos processos que operam sobre essas representações mentais (processos de rearranjo dos esquemas mais do que da solicitação de esquemas intactos)”.

De acordo com os autores, poderemos referir que a teoria da *flexibilidade cognitiva* centraliza a sua atenção na aprendizagem que sucede em especialidades do conhecimento que se caracterizam por ser complexos e mal organizados. Segundo Carvalho (1999, 2000) a *flexibilidade cognitiva* não é mais do que a capacidade que o indivíduo tem de reorganizar os seus conhecimentos a fim de resolver ou solucionar uma situação nova ou problema.

O conhecimento poderá ser usado de variadíssimas maneiras se também for representado de diversas formas (*esquemas, modelos mentais*) conduzindo o

sujeito a um vastíssimo conjunto de conhecimentos e de modos de pensar sobre um mesmo assunto concetual (Spiro et al, 1992b; Carvalho & Dias, 1997).

A compreensão implica a construção de um significado que combina a informação a que acedemos com os conhecimentos prévios que já possuímos. A partir de diversas fontes deveremos aglomerar um contínuo de conhecimentos que sejam apropriados à compreensão e resolução do problema em questão (Spiro et al, 1992 b: 123). O processo de ensino aprendizagem deverá imergir de situações reais e concretas e não de conhecimentos abstratos. Para que se desenvolva a *flexibilidade cognitiva* é necessário:

- a) prever o *caso* e proceder à sua desconstrução e posterior reconstrução quando se tiver abrangido a compreensão multifacetada do mesmo (Carvalho & Dias, 1996);
- b) estabelecer relações com casos relacionados (Carvalho, 2000);
- c) aceder numerosas vezes ao mesmo conteúdo, quer seja em circunstâncias desiguais, em contextos reorganizados, num procedimento de “travessias multidimensionais e não lineares à *paisagem concetual* com o propósito de dominar a complexidade” (Spiro et al, 1992b: 125).

#### **2.4.4 Estilos de aprendizagem e Inteligências Múltiplas**

As salas de aulas dominadas por livros têm desde sempre favorecido os alunos cujas características facilitam a aprendizagem por este meio. Mas é conhecido desde há muito tempo que muitos alunos seguem outros caminhos nas suas estratégias de aprendizagem. Gardner (1993) forneceu a plataforma necessária para perceber esta problemática ao propor a sua teoria das *Inteligências Múltiplas* que propõe sete dimensões para a inteligência. Esta teoria pode ser considerada como uma teoria dinâmica, pois este conjunto tem sido alvo de propostas de expansão e modificação. Gardner entende por *inteligência* a capacidade para resolver problemas ou elaborar produtos que sejam valorizados

num dado ambiente cultural ou social, sugerindo um conjunto de sete inteligências distintas, que estão relacionadas com sete áreas ou tipos de competências:

- *Verbal ou linguística* – está relacionada com as competências ao nível do discurso oral e escrito. Os indivíduos manifestam boa capacidade de leitura e escrita, de argumentação e de aprendizagem de noções de gramática e novas línguas.
- *Lógico-matemática* – está relacionada com o pensamento lógico e abstrato, com a capacidade de manipular números e cálculos mentais. Os indivíduos têm particulares aptidões na aprendizagem da matemática, da programação e de muitos conceitos científicos.
- *Visual-espacial* – relacionada com a perceção e a capacidade de visualizar objetos no espaço. Os indivíduos têm uma boa coordenação visual e são capazes de organizar visualmente objetos com facilidade. É muito usada nas artes visuais e na engenharia.
- *Corporal-cinestésico* – está relacionada com a coordenação muscular e com o movimento. É muito utilizada nas atividades desportivas ou na dança.
- *Musical-rítmico* – relacionada com as capacidades auditivas e musicais.
- *Interpessoal* – está relacionada com a interação com os outros.
- *Intrapessoal* – relacionada com o próprio indivíduo. Os indivíduos gostam de estar sós. Este tipo de inteligência tem sido um dos pontos de discordância com esta teoria de muitos investigadores.

Numa escola, teremos sempre alunos cuja mistura deste conjunto de formas de inteligência será muito diversa. Este facto deveria levar os professores (e outros responsáveis pela política pedagógica) a tentar criar oportunidades para que todos possam ser envolvidos e ter as suas oportunidades de realizar uma aprendizagem significativa.

Embora muitos compreendam esta necessidade, a tarefa é muitas vezes difícil para os professores. A Robótica Educativa fornece oportunidades ricas para

exercitar os diversos tipos de inteligência que, de outra forma, poderiam facilmente ser ignoradas. Este processo é atingido de forma muito natural pois o contexto é autêntico, sendo os vários tipos de inteligência aplicados à resolução de problemas concretos e relevantes.

Será consensual a afirmação de que os diversos indivíduos processam informação ou adquirem conhecimento de formas distintas. Ainda assim, é bastante comum que as diferenças entre as diversas formas de aprender não sejam consideradas na planificação das atividades de ensino-aprendizagem.

Neste sentido, foram já propostos inúmeros *modelos de estilos de aprendizagem*, cujas teorias subjacentes defendem que aquilo que cada indivíduo aprende tem mais a ver com a forma como a experiência de aprendizagem se aproxima do seu estilo do que dos atributos relacionados com a capacidade do próprio indivíduo.

Estes *modelos de estilos de aprendizagem* tem, no entanto, diversas limitações essencialmente devido à sua falta de fundamentação científica comprovada. De facto, as bases teóricas e os estudos experimentais que suportam estes modelos têm sido postos em causa por diversos investigadores (Coffield, 2004; Curry, 1990). Adicionalmente, tem-se verificado algumas críticas ligadas ao facto de serem pouco visíveis os resultados práticos destas teorias em termos de desenvolvimento de métodos pedagógicos mais eficazes (Stahl, 2002). Assim, importa aqui referir, ainda que de forma breve, estas teorias e a forma como poderão interagir com a avaliação pedagógica da Robótica.

A *teoria dos estilos de Kolb* (1975) constitui um dos modelos mais conhecidos a este nível. Este autor classifica as diferentes formas de aprender segundo duas vertentes:

- *Concreto vs abstrato*: os primeiros aprendem melhor através da experimentação, fazendo, agindo e sentindo; os segundos preferem o raciocínio e a análise da informação.
- *Ativo vs reflexivo*: o aluno ativo procura situações onde possa usar o conhecimento adquirido; o aluno reflexivo procura refletir sobre as questões antes de agir e aplicar o conhecimento.

A partir destas duas vertentes, é possível definir quatro *estilos de aprendizagem*, baseados nas combinações possíveis das opções anteriores (Kolb 1984). O sistema educativo tradicional tende a favorecer apenas um destes quadrantes, aquele que contempla os estilos *abstrato e reflexivo*. Os outros estilos de aprendizagem não são, de um modo geral, contemplados nos currículos, o que é preocupante se se tomar em linha de conta que são os maioritários na população. Se olharmos para os currículos e metodologias aplicados no ensino nos últimos anos, percebemos que pouco mudou neste aspeto.

É claro para qualquer um que a Robótica reflete uma inversão neste sentido. De facto, as vertentes *concreta e ativa* são privilegiadas nestas atividades, o que poderá dar indicações sobre as razões pelas quais são muitas vezes os alunos menos motivados pelo ensino tradicional aqueles que mais parecem tirar partido da Robótica.

O conjunto de *capacidades* ou *inteligências* de Gardner cruza-se com os *estilos de aprendizagem*. Parece óbvio que também aqui os sistemas de ensino tradicionais dão particular relevo às vertentes *verbal-linguística* e *lógico-matemática*.

Por outro lado, as atividades de Robótica parecem ter uma abrangência mais lata, compreendendo várias destas capacidades. É de salientar, em particular e sem descurar nenhuma das anteriores, a relevância na Robótica da *inteligência visual-espacial*, que não é particularmente abordada noutras ferramentas pedagógicas. Especialmente trabalhadas são também as capacidades de *raciocínio lógico-matemático* e as *capacidades de relacionamento interpessoal*.

## **2.5 Aprendizagem sob o foco da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky**

### 2.5.1 Aprendizagem social

A *aprendizagem social* é caracterizada como um processo que é causado ou favorecido pelos indivíduos que partilham o mesmo ambiente. O *outro* é entendido como razão para haver comparação e crescimento bem como fonte neutra da informação que auxilia o processo de aprendizagem. A aprendizagem social é entendida como um processo que ocorre gradualmente, de forma ascendente partindo sempre de conceitos básicos e elementares. Dito de outra maneira, a aprendizagem social é encarada como um fenómeno que permite que o sujeito atualize a sua base de dados relativa ao conhecimento.

Vygotsky defende que o desenvolvimento cognitivo ocorre pelo processo de internalização da interação social com materiais fornecidos pela cultura. É na interação direta com os outros elementos de uma cultura que se obtém a matéria-prima para o desenvolvimento psicológico do indivíduo (Oliveira, 1997).

Para Vygotsky nós nascemos munidos de *Funções Psicológicas Elementares (FPE)*. Como exemplo dessas funções, temos os *reflexos* e a *atenção involuntária* que são evidentes em todos os animais mais desenvolvidos. À medida que crescemos muitas dessas funções sucumbem dando lugar a outras. Quando nascemos desfrutámos dessas funções que são determinadas pela estimulação ambiental e reguladas por processos biológicos de forma a possibilitar uma atuação involuntária no mundo (Vygotsky, 1998).

As interações ocorridas no meio social oferecem ao indivíduo o aparecimento de novas funções, as *Funções Psicológicas Superiores (FPS)*. Estas funções são construídas com base no contexto social, são controladas pelo indivíduo, são intencionais e medidas por elementos externos à relação *sujeito-objeto* (Vygotsky, 1998). Vygotsky vê a relação do homem com o mundo como uma relação mediada por *instrumentos*.

Para ocorrerem as *FPS* é necessária a existência de *FPE*. O desenvolvimento das *FPS* está inteiramente dependente do contexto social do indivíduo e inclui mudanças na estrutura e funcionamento das mesmas. Entre o homem e o mundo real existem mediadores que são expostos como ferramentas que coadjuvam na

atividade humana. Vygotsky (1998) reconheceu dois tipos de elementos mediadores: os *instrumentos* – que são objetos sociais que medeiam a relação entre o indivíduo e o mundo das ações concretas e os *signos* que são *instrumentos psicológicos* orientados para o sujeito para dentro do indivíduo.

Komosinski (2000) classificou os signos em:

- *signos indicadores* – há uma relação de causa efeito (fumo-fogo);
- *signos icônicos* – imagens ou desenhos daquilo que significam (sinais de trânsito);
- *signos simbólicos* – abstrações daquilo que representam (símbolos matemáticos).

## 2.5.2 Processos de desenvolvimento

Para Vygotsky, o desenvolvimento é um processo que vai progredindo em direção a um resultado melhor. Existe aprendizagem quando ocorre uma conjuntura imprevisível ou um colapso levando a que o sujeito peça ajuda ao grupo social. Esse processo ocorre de acordo com três conceitos elementares: a *internalização*, a *mediação* e o *controle* (Frawley, 2000). A *internalização* é um processo que permite ao ser humano reedificar internamente ações externas fazendo com que o processo interpessoal inicial se torne intrapessoal. A *mediação* é um processo de intervenção de um elemento sócio-histórico intermediário numa relação.

A *internalização* e a *mediação* são os meios para se obter o *controle* sobre o pensamento e a ação. O *controle* abarca três etapas importantes que permitem a aquisição de novos conhecimentos Frawley (2000). São elas:

- *Planeamento* – nesta fase o indivíduo antecipa e regula as ações. Possui dois estádios. No primeiro, o indivíduo realiza a ação e depois faz a nomeação do que realizou. No segundo, ocorre o processo inverso, o indivíduo pensa na ação e só depois é que a realiza.
- *Inibição* – considerado um filtro cognitivo que limita as opções.

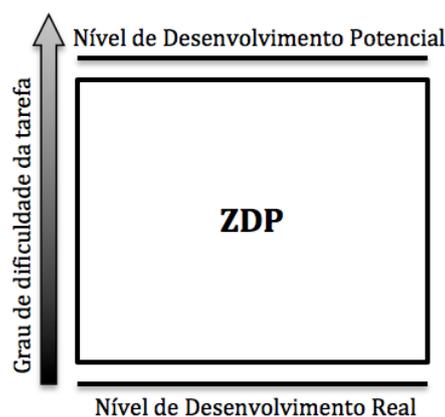
- *Local de controle* – local onde se obtêm informações para regular o pensamento.

### 2.5.3 Níveis de Desenvolvimento e Zona de Desenvolvimento Proximal

Vygotsky (1998, 1993) definiu dois níveis de desenvolvimento partindo da análise da relação entre o *processo de desenvolvimento* e a *capacidade de aprendizagem*.

- *Nível de Desenvolvimento Real (NDR)* – a este nível pertencem todas as capacidades adquiridas ou formadas que por sua vez determinam o que o indivíduo é capaz de fazer por si próprio. Neste nível os processos apresentam-se consolidados.
- *Nível de Desenvolvimento Proximal ou Potencial (NDP)* - neste nível as funções estão em estado de maturação. É a fase em que somos capazes de fazer coisas complexas com a ajuda de outros mais competentes.

Entre um nível e outro existe sempre um diferencial que Vygotsky (1998) apelidou de *Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)* (**Figura 2**).



**Figura 2 - Zona de Desenvolvimento Proximal**

A *Zona de Desenvolvimento Proximal* é definida como a discrepância entre o nível das tarefas executáveis com a ajuda dos adultos e o nível das tarefas que podem ser realizadas como uma atividade independente.

O conceito de *ZDP* descrita por Vygotsky (1978) determina que o aprendiz detém um espaço entre a resolução de um determinado problema que o indivíduo pode alcançar sozinho e o espaço alcançado com a ajuda de uma outra pessoa. Ou seja, um indivíduo poderá alcançar um nível de resolução de problemas que não poderia atingir sem auxílio de uma outra pessoa, que poderá ser um adulto ou um parceiro.

A *ZPD* não é estática, sofre mutações consoante a criança alcança um grau mais grandioso. A cada alteração, a criança torna-se apta a aprender conceções e aptidões mais intrincadas. O que faz hoje com ajuda fará amanhã autonomamente e um novo *nível de desenvolvimento proximal* desponta.

Este ciclo vai-se repercutindo e, deste modo, a criança conquista novas práticas de acabar, de alcançar saberes, competências, habilidades, ciências ou de se comportar. Gallimore e Tharp (1990) traçam a *ZDP* num modelo de *quatro estágios*, centralizado, especificamente, sobre a relação entre o *autocontrolo* e o *controlo social*:

- *Estágio I*: Nesta fase, o desempenho é socorrido por outros mais capazes para determinar o desempenho de tarefas que ainda não domina. O número e essência da regulação depende da idade da criança e da natureza da tarefa. Progressivamente, a criança vai apreendendo a relação das partes de uma atividade através de diálogos durante a concretização da mesma.
- *Estágio II*: Nesta fase, o desempenho é acompanhado pela autodeterminação. A criança consegue realizar uma tarefa sem a coadjuvação de outros.
- *Estágio III*: Neste estágio a *autorregulação* desaparece, é sinónimo de que a criança já saiu da *ZDP*. A concretização da empreitada é aprazível e integrada. Já não é necessário a assistência, esta pode tornar-se

exasperante e desassossegadora. O desempenho não está em desenvolvimento, mas já está desenvolvido.

- *Estágio IV*: esta fase é a fase do colapso. A aprendizagem é formada por *ZDP's* sequenciadas que permitem o desenvolvimento de novas capacidades.

É na *ZDP*, segundo Vygotsky, que o aprendiz pode incrementar novas formas de pensar, graças à coadjuvação de outros sujeitos, como o professor que tem um papel preponderante na sua apropriação. Dito de outra forma, a *ZDP* é considerada um espaço que não é restrito a alguns sujeitos mas antes, é considerada um ambiente teórico que é constituído pela interação entre o professor e o aluno em relação aos objetivos e tarefas a serem concretizadas pelos alunos. Trata-se de uma forma de aprendizagem combinada ou distribuída, em que o professor apoia o principiante até que este se adapte ao conhecimento ou destreza, tornando-se, deste modo, independente e autónomo Vygotsky (1978).

Também Fino (2001) acrescenta que na mente de cada aprendiz há *janelas de aprendizagem* que podem ser exploradas e que o professor poderá operar como orientador no processo da aprendizagem até o aluno ser capaz de arcar o *controlo metacognitivo*.

Cabe ao docente fomentar a cooperação de forma a criar com frequência a *ZDP*, a fim de proporcionar ao aluno a propagação do seu pensamento caminhando para a sofisticação. Como refere (Vygotsky, citado em Fosnot, 1996:40), “a aprendizagem mais eficaz ocorre quando o adulto puxa a criança para o nível “potencial” do desempenho que é construído conjuntamente”.

O professor deverá deixar de assumir o papel de detentor e transmissor do conhecimento e passar a ter um papel de tutor/mediador/conselheiro, desempenhando uma nova função que poderá ser auxiliada pelas tecnologias interativas e ainda o papel de animador pelo facto de ser responsável por criar situações de *conflito cognitivo* de forma a manter o aluno na sua *ZDP* (Nisbet, 1992 ; Katz, 1992).

De acordo com Fino (2001), para que o aluno seja bem sucedido na ZPD, obriga a que o professor saiba dar apoio, ajudando-o a resolver problemas que estão acima das suas capacidades, partindo daquilo que ele já domina. Segundo Fosnot (1996) a esse processo designamos como *processo de andaime* (Perkins, 1986; Duffy & Cunningham, 1996).

O desenvolvimento cognitivo emerge das interações sociais entre os alunos. O sujeito ao interagir com os seus semelhantes aprende a regular os seus processos cognitivos, concebendo um *processo de interiorização* [Coll, (1994) citado por Amante, (2007)]. Em ambientes de robótica em que o trabalho de grupo e a colaboração entre os alunos ocorre sistematicamente é possível contribuir para o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos. Perante a construção de um robô ou a realização de um projeto robótico ocorre frequentemente um desequilíbrio conceitual ao serem confrontados com conceitos diferentes e ao verificarem que as soluções por eles apresentadas nem sempre são as mais corretas. Quando o sujeito verifica que a sua resposta ao problema não é a melhor opção, verifica as soluções dos seus companheiros, promovendo uma discussão profunda que leva à criação de um novo significado.

#### **2.5.4 Teoria da atividade**

A *Teoria da Atividade* inspirada nos trabalhos de Vygotsky foi desenvolvida por Leontev e Luria (Leontev 1977, 1978) que apresenta a forma como o sujeito usa o ambiente e as circunstâncias sobre as quais o pensamento se metamorfoseia. Esta teoria conserva um dos alicerces primordiais da teoria de Vygotsky ao considerar as relações humanas mediadas e não diretas.

A *Teoria da Atividade* de Leontiev defende a existência de três níveis de análise que são eles a *atividade*, as *ações* e as *operações*. Qualquer *atividade* está aliada à motivação que leva o sujeito a realizar *ações* que são previamente planeadas e que permitem o contentamento do sujeito. As *ações* estão relacionadas com objetivos e metas. Depois de criados os objetivos e as metas a atingir, os

passos apelidados de *operações* a realizar para que se concretize o pressuposto dever-se-ão a condições externas que determinam o mesmo. Uma *ação* é constituída por uma ou várias *operações* e poderá estar agregada a múltiplas *ações* (Frawley 2000; Oliveira 1997; Komosinski 2000).

## 2.6 O Construcionismo

### 2.6.1 Bases do Construcionismo

O *Construcionismo* tem as suas origens nas teorias construtivistas que se abordaram anteriormente, o que se compreende melhor ao recordar que o seu principal criador trabalhou com Piaget durante alguns anos. De facto, o *Construcionismo* pode ser encarado como uma abordagem ao processo de ensino-aprendizagem baseado nas teorias construtivistas.

O *Construcionismo* é uma abordagem que mantém as ideias fundamentais do construtivismo mas é especialmente formulada para o processo de ensino-aprendizagem com ferramentas tecnológicas (Papert, 1980; Resnick, Bruckman & Martin, 1996).

A abordagem construcionista defendida por Papert (1980) propõe a ideia de que os seres humanos aprendem melhor quando são envolvidos no planeamento e na construção de objetos ou artefactos que considerem significativos, partilhando-os com a comunidade envolvente. O processo de construção externa do objecto é, em paralelo, acompanhado da construção interior do conhecimento sobre o mesmo. A grande inovação em relação ao construtivismo passa assim pela valorização do papel das construções físicas como suporte das construções intelectuais.

Os ambientes computacionais e a Robótica em particular, constituem ferramentas poderosas para suportar estas novas formas de pensamento e a aprendizagem envolvendo os alunos no desenvolvimento de projetos significativos (Resnick et al, 1996). O *Construcionismo* determina que os computadores são ferramentas educativas poderosas quando usadas para suportar o *desenho*, a

*construção e a programação de projetos* com os quais as pessoas se preocupam realmente. Ao construir *objetos externos* para refletir, as pessoas também constroem *conhecimento interno*.

A aprendizagem independente e a descoberta acontecem mais quando as crianças fazem, criam, programam, planeiam os seus objetos para refletir de uma forma lúdica. Os *objetos manipulativos* da Robótica são certamente objetos poderosos para refletir, mas a tecnologia por si só não é suficiente, havendo a necessidade de uma filosofia educacional para orientar a sua utilização (Bers, 2006). O *Construcionismo* pode, assim, ser encarado como uma abordagem construtivista para o desenvolvimento de programas educacionais que usam as tecnologias com o objetivo de promover a aprendizagem. Um ambiente construcionista proporciona às crianças a liberdade de explorar os seus interesses naturais usando novas tecnologias, com o apoio de uma comunidade de alunos que pode facilitar uma compreensão mais profunda (Kafai, 1996).

O *Construcionismo* propõe que as tecnologias são ferramentas poderosas quando usadas para suportar o *desenho/planeamento, a construção e a programação de projetos* epistemologicamente significativos, i.e. que tem interesse para os sujeitos e conduzem à exploração de áreas do conhecimento (Kafai & Resnick, 1996).

As práticas de desenvolvimento apropriadas prestam atenção aos interesses individuais da criança, bem como à comunidade onde se dá o processo de aprendizagem. Neste contexto, os ambientes de aprendizagem devem dar suporte ao processo exploratório por parte da criança, dando suporte à sua aprendizagem e fornecendo materiais adequados para manipulação e partilha com os outros.

As origens do *Construcionismo* remontam aos anos 1960 quando Papert no MIT começou a discutir o desenvolvimento de linguagens de programação para crianças, o que na altura parecia uma ideia risível. No entanto, ele seguiu a sua visão e em 1967, lançou a *Linguagem Logo*. Esta linguagem começou a ser usada de forma mais generalizada no final dos anos 1970 com o aparecimento dos computadores pessoais.

Papert (1980) advogava as oportunidades de as crianças se tornarem programadores como forma de aprenderem matemática e, mais importante, de aprenderem a aprender. Com o processo de programar e depurar os seus programas, as crianças deveriam desenvolver uma abordagem metacognitiva para a resolução de problemas e para a aprendizagem. No entanto, a tecnologia não é suficiente por si só e nem sempre o *Logo* foi usado como visionado por Papert pois alguns professores não percebiam os conceitos construcionistas de colocar as crianças como criadores dos seus próprios projetos.

Algumas ferramentas foram criadas no seguimento da *Linguagem Logo* (Resnick 1996) com vários propósitos distintos: matemática (Abelson, 1981; Harel, 1990), ciências (Wilensky, 1999; Resnick et al, 2000), contar histórias (Bers, 1999), linguagem (Bruckman, 1998), etc. Todas incentivam ambientes colaborativos e suportam o estabelecimento de relações de apoio mútuo (Bers, 2006).

O grupo de Papert construiu uma visão partilhada da educação que se baseava em quatro pilares essenciais (Bers et al, 2002):

- a *filosofia construcionista da educação*, que envolvia a criação de ambientes computacionais onde as crianças podiam manipular os materiais (computacionais) de uma forma ativa, jogando e *brincando* com eles, *aprendendo fazendo*, através do desenvolvimento de projetos significativos e partilhados com a comunidade (Rinaldi, 1998).
- a importância dos *objetos concretos* como meio para chegar à aprendizagem de fenómenos abstratos. Neste caso, o computador permitindo criar e manipular objetos no mundo real e virtual assume-se como uma ferramenta de extremo relevo (Resnick, 2000).
- as chamadas *ideias poderosas*<sup>1</sup> que reforçam a capacidade de aprendizagem do indivíduo, permitindo formas distintas de pensar, de fazer uso do conhecimento, novas formas de criar relações pessoais e epistemológicas com outros domínios do conhecimento (Papert 2000).

---

<sup>1</sup> Tradução do termo anglo-saxónico “powerful ideas”.

- a importância da *autorreflexão*, que acontece quando as pessoas são encorajadas a explorarem o seu próprio processo de pensamento e a sua relação intelectual e emocional com o conhecimento, bem como a sua história de vida que afeta as experiências individuais de aprendizagem (Harel & Papert, 1991).

Estes quatro princípios das filosofia construcionista são também uma base já habitualmente aceite nos níveis mais elementares da educação. Por outro lado, eles são como se detalhará de seguida, fundamentais no desenvolvimento de atividades de Robótica Educativa.

### **2.6.2 Aprendizagem no âmbito de uma comunidade**

O *Construcionismo* propõe que as pessoas aprendem melhor quando lhes são proporcionadas oportunidades para planear, criar e construir projetos que são pessoal e epistemologicamente significativos. Os projetos são criados com base em interesses pessoais e necessidades da comunidade (Rinaldi 1998).

Em ambientes construcionistas isto pode tomar a forma de casa aberta, demonstrações, mostras, competições, etc. O objetivo é promover oportunidades para as crianças partilharem o processo e os produtos da sua aprendizagem com outros (família, amigos, membros da comunidade) (Bers, 2007).

Dado que o *Construcionismo* promove o envolvimento das crianças com o desenho de objetos (reais ou virtuais), estes ambientes fornecem oportunidades para a partilha de objetos tangíveis, produtos da aprendizagem, estando estruturados de forma a dar oportunidades para a emergência de interesses pessoais e necessidades da comunidade. Por exemplo, podem escolher-se temas de interesse e convidar as crianças a desenvolver projetos nesses temas. Outra abordagem será realizar uma discussão sobre as necessidades da escola ou comunidade (Bers, Ponte, Luelich, Viera & Schenker, 2002).

As crianças por vezes têm *ideias maravilhosas*, mas o conhecimento limitado da tecnologia e as suas competências ainda não desenvolvidas podem criar limitações às suas ideias. Como conduzir as suas ideias para que se tornem produtos e como evitar a frustração das crianças sem lhes dar à priori todas as soluções são dois desafios chave. Uma das abordagens passa por ajudar as crianças a perceber e seguir o processo de planeamento, que é semelhante ao que acontece em engenharia: identificar problemas, estudar e perceber melhor o contexto do problema, propor/discutir possíveis soluções, planear a sua implementação, testar e iterar todos estes passos dados os resultados obtidos e a sua avaliação e, finalmente, comunicar os resultados (Turkle & Papert, 1992).

Dar a oportunidade à criança de expor as suas ideias e discutir a sua implementação, desde muito cedo no processo, é uma prática comum do processo construcionista. Os projetos requerem várias iterações e revisões e haver meios de comunicar as ideias e os resultados torna o processo transparente para as crianças e para os educadores (Bers, 2007).

Resnick (2000) referiu que as interações das crianças com a tecnologia deveriam ser mais parecidas com pintar os dedos do que com ver televisão. De facto, os computadores e a tecnologia em geral podem complementar as práticas que já estão estabelecidas e estender estas experiências ao *aprender construindo*<sup>2</sup> (Kolodner et al, 1998). Esta abordagem envolve os alunos na aprendizagem através da aplicação de conceitos, competências e estratégias para a resolução de problemas relevantes do mundo real, que assim possuem significado e relevância para o aluno. Neste processo, os alunos envolvem-se na resolução de problemas, na tomada de decisão e num processo de colaboração (Rogers, 2004).

As atividades de Robótica Educativa encaixam na perfeição nesta filosofia de aprendizagem. De facto, na Robótica os alunos aprendem planeando e construindo, através da resolução sucessiva de novos problemas, causados pelos

---

<sup>2</sup> Tradução do termo anglo-saxónico “learning by designing” usado pelo autor da referência.

obstáculos do mundo real e que é necessário resolver para atingir o objetivo final do projeto.

Algumas crianças não gostam de ter que descrever o seu processo, pois não seguem um processo sistemático de resolução de problemas. A sua forma de resolver problemas passa por dialogarem com a tecnologia e as suas ideias vão surgindo interactivamente (Bers, 2007).

Os ambientes construtivistas permitem diferentes estilos de aprendizagem. Algumas crianças necessitam de restrições e de um planeamento organizado, do mais geral para o mais específico. Outras crianças preferem trabalhar com um planeamento de baixo para cima, do mais específico para o mais geral, dando voltas aos materiais para ganhar ideias. A mistura de ambos os tipos de aprendizes pode ser interessante, pois estes complementam-se (Bers, 2007).

O *Construcionismo* valoriza o processo de aprendizagem, bem como os seus produtos. No entanto, é introduzida uma tensão no processo pois um *objeto tecnológico* ou cumpre ou não cumpre o seu objetivo. Tipicamente, há várias formas de construir um objeto que cumpra os seus requisitos. Como avaliar se estamos ou não a progredir no cumprimento dos objetivos? O segredo passa por estruturar o ambiente de forma a tirar partido daquilo que ainda não está a funcionar corretamente. O papel do processo de depuração (da programação) aqui é muito relevante. Este processo lida com a resolução de erros ou defeitos, fazendo o programa comportar-se como previsto (Bers, 2007).

Os *círculos tecnológicos* são momentos importantes neste processos, onde todos param o seu trabalho e se sentam num círculo partilhando o estado dos seus projetos, discutindo o que funcionou e o que não funcionou, os seus objetivos e as suas ideias para resolver problemas. Nestes momentos, o professor usa os projetos e as questões para ilustrar as *ideias poderosas* que surgiram. Além disso, procura dentro do grupo por soluções para os problemas de todos, antes de fazer alguma sugestão. Esta forma de explicar conceitos é uma alternativa às tradicionais apresentações de materiais e conceitos. Além disso, incentiva uma comunidade que estimula diferentes papéis e formas de participação.

No quotidiano de diversas atividades profissionais a procura de informação, resolução de problemas, procura de ajuda e de recursos são importantes atividades, para as quais os ambientes construcionistas fornecem oportunidades de modelação desde idades precoces (Bers, 2007).

### **2.6.3 Uso de objetos concretos na aprendizagem**

Os conceitos de abstrato e concreto não são novos nas teorias educativas, tendo-se tornado prevalentes no trabalho de Piaget.

O *Construcionismo* reconhece a importância dos objetos alvo da reflexão e propõe novas tecnologias. O potencial de usar objetos na educação básica tem já grande tradição, desde o séc. XIX, passando pelas barras de Cuisenaire, pelos DigiBlocks e por muitos outros (Brosterman, 1997). Mais recentemente, tem sido propostos materiais manipulativos digitais (Resnick et al, 1998), tais como os blocos programáveis que expandem o universo de conceitos que as crianças podem explorar.

É no seguimento desta tradição que a Robótica proporciona uma ótima oportunidade para mostrar às crianças um pouco do mundo da tecnologia e dos conceitos subjacentes. De facto, as crianças podem desenhar e criar objetos interativos, que trabalham conceitos do mundo da engenharia (como sejam rodas, eixos, motores, roldanas, sensores ou alavancas), como ainda são encorajados a integrar materiais artísticos e objetos do dia-a-dia para tornar os seus projetos esteticamente mais agradáveis (e.g. nos concursos de dança). Os materiais manipulativos dos kits de Robótica permitem às crianças usar as suas mãos para desenvolver a sua motricidade fina e coordenação óculo motora (mão-olho), mas também para se envolverem em atividades colaborativas. Estes materiais fornecem uma forma concreta e tangível de abordar ideias abstratas.

De facto, o movimento de objetos num programa de computador, ou de um robô, apesar de poder ser matematicamente definido de forma rigorosa, é ao mesmo tempo visível e tangível. No entanto, o uso de *objetos concretos* para a

aprendizagem de ideias importantes não garante por si só que as ideias serão concretas (Resnick et al, 2000). Os objetos manipulativos da Robótica usados em ambientes construcionistas permitem o estabelecimento de muitas ligações. Algumas crianças ligam-se aos materiais percebendo os seus mecanismos; outros poderão ligar-se como contadores de histórias, fazendo as criaturas representar um papel e estando mais interessados no significado global do seu projeto.

#### **2.6.4 Ideias poderosas e ideias maravilhosas**

O conceito de *ideias poderosas* lançado por Papert (1980) é um dos mais complexos das teorias construcionistas. Ao longo dos anos, o termo tem sido usado para se referir ao conjunto de ferramentas intelectuais que justificam a sua aprendizagem.

O *Construcionismo* dá outro significado ao termo. Papert (2000) afirma que as ideias poderosas permitem novas formas de pensar, novas formas de usar conhecimento e novas formas de criar ligações pessoais e epistemológicas com os domínios do conhecimento.

As *ideias poderosas* podem ser:

- conteúdos específicos, ou seja conhecimento proposicional sobre um determinado assunto;
- conhecimentos específicos sobre um processo, ou seja, conhecimento sobre um dado procedimento (saber como fazer algo);
- combinação dos dois anteriores.

Por exemplo, a fluência tecnológica é um conhecimento do último tipo, envolvendo conhecimentos do domínio e dos processos. O *Construcionismo* defende que as novas tecnologias podem ser libertadoras ou incubadoras de ideias poderosas. Papert usa a modelação como uma *ideia poderosa* libertada pelo uso de ferramentas computacionais.

A comunidade de investigadores ligados ao *Construccionismo* usam o termo *ideia poderosa* para se referir a um conjunto de ferramentas intelectuais que quando usadas com competência são realmente *poderosas*, pois permitem novas formas de pensar, não só sobre um domínio em particular mas também acerca do próprio processo de pensamento. Estas ideias são *poderosas* no seu uso, nas suas conexões a outros domínios de conhecimento e interesses pessoais e nas suas raízes.

Os construccionistas veem o computador como um poderoso condutor de novas ideias e como um agente da mudança educativa e como uma forma de reestruturar o ensino. Em vez de factos e competências, deveremos falar de *ideias poderosas*, passando de uma plataforma orientada a um curriculum para ambientes baseados em *ideias poderosas*.

Investigadores como Duckworth (1972) propuseram um outro conceito: *ideias maravilhosas*. Estas são visões interiores ou revelações pessoais. As ideias podem ser maravilhosas para alguém porque fornecem uma base para pensar sobre novas matérias e motivam novas questões, mas podem não parecer assim para o mundo exterior. Seguindo a tradição de Piaget, estas ideias estão fortemente ligadas com o processo de desenvolvimento do indivíduo. Elas são o resultado da combinação do conhecimento anterior com a capacidade de colocar novas questões e brincar com os materiais de formas inovadoras.

A noção de *ideias poderosas* tem algumas semelhanças com o conceito de *ideias maravilhosas*<sup>3</sup> (Duckworth,1972) que são revelações pessoais que fornecem uma base para pensar sobre novas coisas, mas que podem não ser necessariamente *maravilhosas* para o mundo exterior. Seguindo uma tradição Piagetiana, as *ideias maravilhosas* estão profundamente ligadas com o estágio de desenvolvimento do indivíduo, sendo o resultado do seu conhecimento prévio combinado com um alerta intelectual para fazer novas questões e manipular materiais de formas inovadoras. Assim, apesar de terem muito em comum, pois

---

<sup>3</sup> Tradução do termo anglo-saxónico “wonderful ideas”

são aspetos fundamentais da aprendizagem, elas focam dimensões ligeiramente distintas. As *ideias poderosas* tomam uma perspectiva mais cultural.

Tanto o *Construcionismo* como as práticas adequadas ao desenvolvimento têm a sua origem no modelo de aprendizagem de Piaget. Assim, há um consenso sobre o apoio às crianças na criação de novas ideias por experimentação ativa e interação com o mundo à sua volta. Neste processo, as *ideias poderosas* emergem e serão encorajadas pelos professores competentes (Bers et al, 2002).

Embora estes dois conceitos tenham muito em comum, envolvem dimensões um pouco distintas. As *ideias maravilhosas* referem-se ao desenvolvimento do indivíduo enquanto as *ideias poderosas* têm uma perspectiva mais cultural. Algumas ideias são poderosas epistemologicamente e as crianças devem poder explorá-las. Os computadores têm um papel ao ajudá-las. As *ideias poderosas* já terão sido *ideias maravilhosas*, mas nem todas as *ideias maravilhosas* chegam a ser *ideias poderosas*, mas apenas aquelas que suportam o teste do tempo e se mantêm com sucesso.

As *ideias poderosas* necessitam de estabelecer os seguintes tipos de ligações (Bers, 2007):

- *culturais*: uma ideia já deve estar estabelecida numa cultura antes de ser poderosa, atingindo o estado de poderosa quando atinge o consenso sobre a sua importância e relevância. Ao mesmo tempo, quando instalada numa sociedade, parece ter estado sempre lá.
- *personais*: as *ideias poderosas* evocam respostas emocionais porque as pessoas podem realizar ligações entre a ideia e os seus interesses e experiências. As pessoas necessitam conhecer e estabelecer relações pessoais com as ideias, da mesma forma que se relacionam com outras pessoas.
- *de domínio*: as *ideias poderosas* servem como princípios organizadores para reorganizar domínios de conhecimento e estabelecer ligações a outros domínios. Um domínio define uma área de especialidade onde muitos tópicos se interligam.

- *epistemológicas*: as *ideias poderosas* abrem novas formas de pensamento, não só sobre um dado domínio mas também acerca do processo de pensamento em si próprio. Estas ideias servem para estabelecer uma ligação com o *meta-nível*. Para ser poderosa uma ideia necessita de se refletir de volta na sua forma de construir conhecimento sobre o mundo e sobre nós próprios.
- *históricas*: as *ideias poderosas* persistem ao longo do tempo e têm uma ampla gama de influências. Não são uma moda e sua influência pode sentir-se ao longo de gerações.

Estas dimensões tornam este conceito difícil de entender. Papert lamenta-se do esquecimento a que este conceito é votado. A educação de infância deu especial atenção às ligações pessoais. O *Construcionismo* convida a visitar estas ideias em todas as suas dimensões.

### **2.6.5 Aprendendo sobre a aprendizagem com a tecnologia**

No *Construcionismo*, a *autorreflexão* e o *pensar sobre o processo de pensar* têm um papel importante. Papert sugere que as melhores experiências de aprendizagem ocorrem quando indivíduos são encorajados a explorar os seus próprios processos de pensamento e a sua relação intelectual e emocional com o conhecimento, bem como a influência da sua história pessoal nas suas experiências de aprendizagem. É importante que os exercícios de *autorreflexão* sirvam para perceber o porquê por trás daquilo que é ensinado.

A prática da *autorreflexão* ganhou um papel fundamental na educação infantil com um ênfase na documentação, que permite a reconstrução de provas do que foi aprendido e dos processos e caminhos seguidos, usando notas, slides, vídeos, etc. Embora os computadores possam ajudar neste processo, fornecendo portefólios digitais, o construcionismo encara o computador como um meio poderoso de ganhar novas ideias sobre a forma como se processa a aprendizagem.

Não são apenas uma ferramenta para documentar mas um veículo para pensar sobre o processo de pensar. Os computadores podem tornar visíveis os processos de aprender e pensar.

No *Construcionismo*, a *autorreflexão* é também importante para o aprendiz o que é uma alteração em relação a outras teorias (Malaguzzi, 1998). O *Construcionismo* dá mais atenção à aprendizagem do que ao ensino. Logo, as ferramentas de documentação devem ser colocadas nas mãos das crianças, que devem assumir este papel. Assim, o ênfase é em diários abertos, jornais de parede, etc. Estas permitem partilhar com os outros as suas experiências de aprendizagem, ao mesmo tempo que percebem o seu próprio processo interno de construção do conhecimento.

A *autorreflexão* tem um papel predominante nas ideias construcionistas, relevando-se o processo que leva o autor da aprendizagem a refletir sobre este processo de forma crítica. Neste contexto, a documentação tem uma grande importância como base para a avaliação do processo de ensino-aprendizagem e respetivo ajuste das estratégias utilizadas.

Existem diversas formas de documentar os projetos e este é até um hábito comum nos diversos projetos de Robótica. De facto, em todos estes projetos há uma necessidade de mostrar o trabalho realizado através de apresentações, de jornais ou de páginas na Web. As competições serão o exemplo mais gritante deste fenómeno pois são públicas e levam a que todos os atores sejam confrontados com os resultados do seu trabalho e o apresentem a toda uma comunidade de juízes exigentes.

## 3. Robótica Educativa

### Sumário

*Este capítulo pretende caracterizar o campo da Robótica Educativa (RE) sob diversos aspectos. Inicia-se com um conjunto de definições de Robótica Educativa e conceitos relacionados e apresenta-se uma nota histórica sobre o aparecimento e desenvolvimento do campo. Apresentam-se os principais eventos relacionados com a Robótica Educativa incluindo festivais, competições e outros eventos nacionais e internacionais. Em seguida, são abordadas as principais plataformas de Robótica Educativa, com destaque para a que foi usada neste trabalho, a Lego Mindstorms. Na secção seguinte, são apresentadas e discutidas as principais características e potencialidades da RE como ferramenta pedagógica. Finalmente, discute-se como a Robótica Educativa se apresenta como uma ferramenta promotora do Desenvolvimento Tecnológico Positivo.*

## **3.1 Robótica Educativa: definições, evolução e plataformas**

### **3.1.1 Robótica Educativa: definições e conceitos básicos**

A Robótica aparece na escola e nas salas de aula essencialmente em três vertentes distintas: (i) a Robótica como disciplina tecnológica por si própria que merece uma abordagem autónoma; (ii) a Robótica como forma de ensinar/aprender conceitos relacionados com a programação; (iii) a Robótica como *um recurso pedagógico*, ou seja como um meio para estimular a aprendizagem dos diversos conteúdos e competências em vários níveis de ensino (Oliveira, 2004).

As perspetivas apontadas em (i) ou (ii) serão porventura válidas em alguns cursos de índole mais tecnológica, tipicamente em níveis de ensino mais avançados (ensino superior ou secundário), em especial ao nível das áreas da eletrónica, da automação ou mesmo da informática e das ciências da computação. Neste texto, ir-se-á adotar uma visão da Robótica Educativa (RE) próxima do definido em (iii). Assim, a Robótica Educativa será encarada como uma ferramenta abrangente, que pode ser usada nos diversos níveis de ensino e como forma de abordar diversos conteúdos e que é integrada no ensino numa perspetiva construtivista (Ribeiro, 2006).

Chella (2002) define Robótica Educativa (RE) como um ambiente constituído pelo computador, com componentes eletrónicos, eletromecânicos e programa, onde o aprendiz, por meio da integração destes elementos, constrói e programa dispositivos automatizados com o objetivo de explorar conceitos das diversas áreas do conhecimento. Esta é claramente uma visão próxima do que referimos no ponto (iii).

Para Fitch (2002), a Robótica Educativa é uma disciplina que tem por objetivo a geração de ambientes de aprendizagem baseados fundamentalmente na atividade dos alunos. Ou seja, eles podem conceber, desenvolver e pôr em prática diferentes projetos que lhes permitam resolver problemas e lhes facilite ao mesmo tempo certas aprendizagens.

Segundo Colorado (2003), a natureza multidisciplinar da Robótica Educativa permite desenvolver e implementar uma nova cultura tecnológica em todos os níveis de ensino, permitindo que haja mais compreensão da ferramenta, sendo uma experiência que contribui para o desenvolvimento da criatividade e do raciocínio dos alunos. Um dos principais objetivos da Robótica Educativa é a criação de ambientes de aprendizagem baseada principalmente na atividade do aluno. Ou seja, eles podem conceber, desenvolver e implementar vários robôs que lhes permitam resolver problemas e criar projetos multidisciplinares.

Bacaroglo (2005) identifica os seguintes *objetivos* gerais para projetos de Robótica Educativa:

- Favorecer a interdisciplinaridade, promovendo a integração de conceitos de diversas áreas, tais como: linguagem, matemática, física, eletricidade, eletrônica, mecânica, arquitetura, ciências, história, geografia, artes, etc. Explorar, de forma prática, conceitos trabalhados em sala de aula nas diversas disciplinas;
- Desenvolver aspetos ligados ao planeamento e organização de projetos;
- Motivar o estudo e análise de máquinas e mecanismos existentes no quotidiano do aluno de modo a reproduzir o seu funcionamento;
- Estimular a criatividade tanto na conceção das maquetas, como no aproveitamento de materiais reciclados;
- Desenvolver o raciocínio e a lógica na construção de maquetas e de programas para controlo de mecanismos.

Segundo Quevedo et al (2008) as principais *vantagens* da Robótica Educativa passam pelos seguintes aspetos:

- Integração de distintas áreas do conhecimento;
- Operação com objetos manipuláveis, favorecendo a passagem do concreto para o abstrato;
- Apropriação da linguagem gráfica, como se se tratasse de uma linguagem matemática;
- Operação e controlo de distintas variáveis de maneira síncrona;

- Desenvolvimento de um pensamento sistêmico;
- Construção e prova das suas estratégias de aquisição do conhecimento mediante uma orientação pedagógica;
- Criação de ambientes de aprendizagem.

### 3.1.2 Colaboração Lego-MIT: notas históricas

Desde o final dos anos 1960, o grupo de investigação do *MIT* fundado por Papert tem desenvolvido kits de construção e programação de robôs para crianças. O trabalho inicial incluiu o desenvolvimento da linguagem de programação *Logo*. Um dos usos mais populares desta linguagem foi o desenvolvimento em conjunto das *tartarugas de solo*, robôs do tamanho de cestos de papel ligados a grandes computadores. Estes robôs tinham frequentemente canetas ou marcadores montados nos seus corpos fazendo desenhos em papel colocado no solo, a partir de programas *Logo* desenvolvidos pelos alunos.

Em 1972, Papert e Solomon publicam um manuscrito onde definem 20 atividades para realizar com um computador (Papert e Solomon, 1972), um conjunto que inclui muitas atividades onde vários dispositivos são ligados ao computador e programados para realizar diversas tarefas (por exemplo um espetáculo de marionetas). Na sua essência, estas propostas representam atividades de robótica, mesmo antes de existirem os kits de robótica para crianças.

No final dos anos 1970 e início dos anos 1980, a visão de Papert em relação à computação, na qual as crianças exploram ideias através da programação dos seus próprios programas de computador, torna-se realidade com o aparecimento dos microcomputadores e a sua entrada nas escolas. O *Logo* como uma linguagem de programação, uma filosofia de aprendizagem e uma cultura próprias emergiu após a publicação da obra *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas* (Papert, 1980), já referida no capítulo anterior no contexto do construcionismo.

Em meados dos anos 1980, o grupo de investigação do *MIT* iniciou uma colaboração com a empresa *LEGO*. Esta empresa tem uma longa tradição no

desenvolvimento e comercialização de brinquedos com características inovadoras e que juntam à sua componente lúdica uma faceta pedagógica que nunca foi descurada pela marca.

Combinando a linha de produtos *LEGO Technic*, que inclui motores, rodas dentadas, roldanas e muitos outros componentes mecânicos, com a *Linguagem Logo* foi criado o sistema *LEGO/Logo*, com o qual as crianças podiam construir vários dispositivos mecânicos conectados a uma caixa de interface e escrever programas com a linguagem *Logo* que permitiam controlar o seu movimento (Resnick e Ocko, 1991).

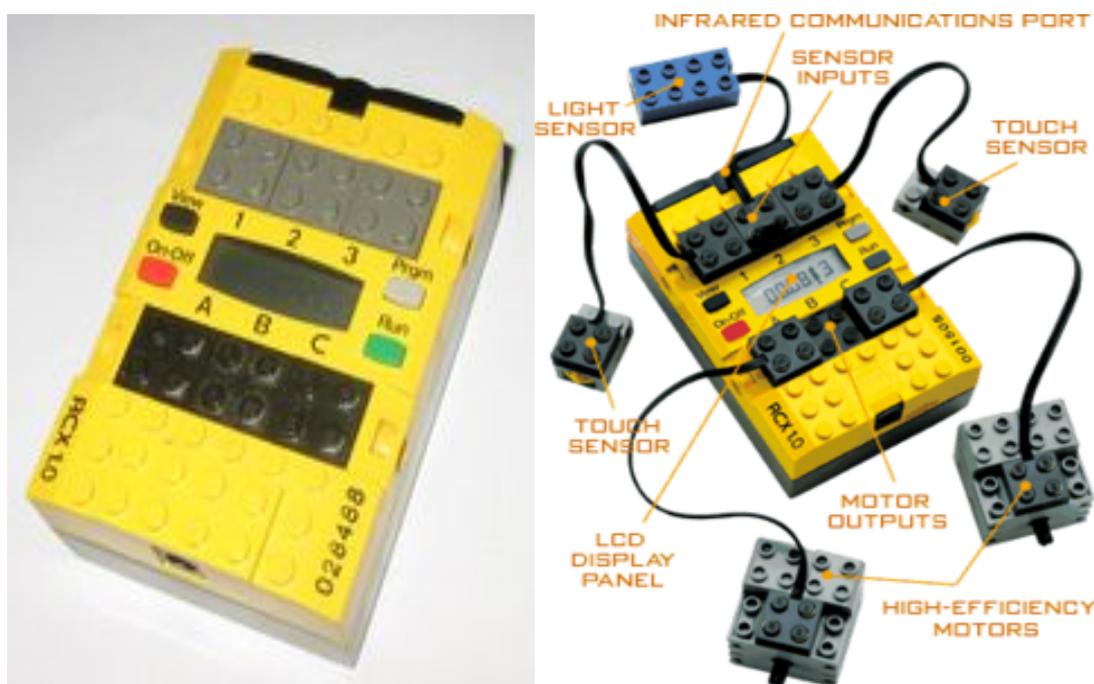
O sistema *LEGO/Logo* tornou-se comercialmente disponível no final dos anos 1980, sendo vendido a escolas com o nome *LEGO tc logo*. Este foi o primeiro kit de robótica a estar disponível de forma abrangente. Ainda assim, tinha várias limitações, das quais provavelmente a maior seria a necessidade de ligar as construções robóticas ao computador por intermédio de fios o que limitava a mobilidade dos projetos realizados.

Ao mesmo tempo que os kits *LEGO/Logo* iam chegando às escolas, o grupo no *MIT* estava já a trabalhar nos seus sucessores. O passo seguinte seria, claramente, o de adicionar eletrónica aos blocos de construção propriamente ditos. Em 1987, foi terminado o primeiro protótipo de um bloco programável, i.e. que incluía capacidade de processamento autónoma incluindo um processador próprio. Este foi usado num conjunto de experiências com alunos dos 5º e 7º anos (Martin, 1988) onde foi usada uma *tartaruga* construída com peças *LEGO*, para a qual as crianças criavam diversos tipos de programas na linguagem *Logo*. Embora este bloco tivesse tido algum sucesso, haveria ainda que esperar por futuras versões para se ter um kit verdadeiramente robusto para um uso generalizado nas salas de aula. Este trabalho foi sendo desenvolvido ao longo do início da década de 1990.

Em 1998, o primeiro sistema da *Legó Mindstorms* vê a luz do dia, com a designação de *Robotics Invention System*. O sucesso comercial deste kit é bastante assinalável, fruto também de um baixo custo e são vendidas 80000 unidades em cerca de 3 meses. As potencialidades do *RCX*, o cérebro do kit, bem como as inúmeras interfaces de programação disponíveis acabaram por transformar o

mercado deste produto e levar a que fosse essencialmente adquirido por adultos (Teixeira, 2006).

Este primeiro kit *Legó Mindstorms* tem na sua base o *controlador RCX*, o cérebro do robô que executa os programas que são carregados na sua memória e é capaz de interagir com o ambiente. A **Figura 3** ilustra este componente e as suas interfaces, cujas entradas permitem a ligação de três sensores e as saídas permitem comandar três dispositivos de saída, tipicamente motores.



**Figura 3 - O RCX: a unidade de controlo do sistema Lego Mindstorms e respetivos interfaces**

O *RCX* possui um visor *LCD* que transmite informações ao utilizador como sejam o estado das baterias, o programa selecionado ou o estado das portas de entrada/saída. Possui ainda um altifalante que permite emitir sons. De forma a poder comunicar com o exterior, o *RCX* possui um emissor/receptor de infravermelhos que lhe permite comunicar com o computador podendo receber os programas.

Nas suas versões básicas, o kit inclui dois tipos de sensores (toque e luminosidade), bem como dois motores standard. Para além disso, os kits de educação da *Legó Mindstorms* trazem um conjunto de várias centenas de peças técnicas que incluem

peças de construção, vários tipos de rodas e jantes, diversos tipos de conectores, permitindo construir eixos, braços articulados, rodas dentadas, alavancas, roldanas e muitos outros artefactos mecânicos.

O kit vem equipado com uma ferramenta de programação visual bastante simples e intuitiva, em que os programas são construídos em blocos sequenciais, onde cada bloco representa uma instrução dada ao robô. Esta ferramenta permite a programação simples e rápida de algumas tarefas, permitindo a utilização do robô em horas (ou minutos) mesmo por crianças (ou adultos) que nunca o tenham utilizado antes.

A ferramenta *Robolab*, desenvolvida por uma parceria entre a *Legó*, a *National Instruments* e a *Tufts University*, constitui-se como uma alternativa um pouco mais complexa ao nível da programação mas com maiores potencialidades. Esta ferramenta possui diversos níveis de utilização que permitem uma evolução dos seus utilizadores que, aumentando as suas potencialidades, torna um pouco mais complexo o processo de programação. Com o desenvolvimento do *Robolab* pretendeu criar-se um software suficientemente simples para ser acessível quer a crianças, quer a adultos mas que não limitasse as potencialidades dos equipamentos (Portsmore et al, 2001).

O mais recente produto da colaboração *Legó-MIT* é o kit *Legó Mindstorms NXT*, lançado em 2006. Este será explicado em mais detalhe numa das próximas secções por ter sido utilizado no âmbito deste trabalho.

### **3.1.3 Festivais e Competições de Robótica**

Nesta secção, pretende-se fazer uma enumeração dos festivais e competições mais importantes que foram sendo criados ao longo das últimas décadas ao nível da Robótica Educativa quer a nível mundial, quer a nível nacional. Neste contexto, será indiscutível que as competições preenchem um lugar de grande visibilidade, constituindo-se como as iniciativas que envolvem uma maior quantidade de participantes (alunos, professores e pais).

Este tipo de ações exerce sobre todos, em especial sobre as crianças, um grande deslumbramento, provocando níveis de participação e de excitação normalmente bastante elevados. São, por esta razão, distinguidos como ferramentas de disseminação da Robótica junto dos mais novos. Podem, nesta conjuntura salientar-se as seguintes iniciativas:

- *FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology)* é uma organização sem fins lucrativos criada em 1989 para estimular o interesse de jovens pela ciência e a tecnologia. Esta entidade deu origem ao:
  - *FIRST Robotics Competition (FRC)* – trata-se de uma competição que procura envolver alunos do ensino médio de todo o mundo.
  - *FIRST Tech Challenge (FTC)* – trata-se de uma competição que está na mesma linha do *FRC*, envolvendo alunos do ensino médio e superior.
  - *FIRST Lego League (FLL)* – trata-se de uma competição que nasceu nos Estados Unidos de uma parceria entre a organização *FIRST* (que se dedica à promoção da ciência e tecnologia entre os jovens) com o *LEGO Group* com o objetivo de envolver alunos do Ensino Básico em aplicações da robótica no quotidiano. Esta competição envolve alunos dos níveis de ensino básico, com idades compreendidas entre os 9 e 16 anos. A primeira competição ocorreu em 1998 e a sua adesão tem vindo a crescer anualmente. Todos os anos a competição aborda temas distintos. Os desafios passados foram alicerçados em temas como a *nanotecnologia, clima, qualidade de vida para a população deficiente e transporte*. Ao arquitetar os desafios em torno desses temas, os participantes são apresentados a potenciais planos de carreira dentro de um tópico escolhido, além de solidificar o *STEM (Science, Technology, Engineering, Math)*<sup>4</sup>. Em 2015 o Desafio *Trash Trek* permitiu explorar o fascinante mundo do lixo em mais de 80 países, desde a triagem, à produção inteligente e à reutilização. As

---

<sup>4</sup> <http://www.firstlegoleague.org/challenge/thechallenge>

equipas (de 5 a 10 elementos) tentaram resolver os desafios propostos durante 8 semanas dedicadas à construção de robôs usando os Kits da *Legó Mindstorms*, disputando provas regionais e nacionais sendo que as melhores selecionadas tiveram a oportunidade de participar na *Final Mundial*. A avaliação das equipas apresenta 4 etapas distintas: em primeiro lugar há uma entrevista feita por uma painel de juízes; uma avaliação da construção do robô; uma avaliação de um projeto independente realizado pela equipa e finalmente avaliação do desempenho do robô no campo de provas onde terá que, obrigatoriamente, desempenhar as tarefas propostas o melhor possível. Em Portugal a *FLL* é desde 2006 representada pelo *Portugal-Didáctico*, centro especializado em *Legó* (<http://www.portugal-didactico.com>) que se propõe organizar localmente estas competições e selecionar as equipas portuguesas para as finais.

- *RoboCup* - A *RoboCup* combina distintos tipos de competições de futebol robótico quer com robôs de diversas dimensões quer com ambientes de simulação robótica. Este projeto visa criar um grande desafio que difunda a investigação em Robótica a nível mundial (Kitano et al, 1995). Trata-se de uma competição que nasceu nos Estados Unidos. O seu objetivo primário passa por desenvolver uma equipa de robôs humanóides totalmente autónomos que possa vencer a equipa humana de futebol no ano de 2050. A primeira *RoboCup* ocorreu em 1997 em Nagoya no Japão e contou com 40 equipas de robôs (<http://www.robocup.org>). A *RoboCup* está dividida em 5 faixas de competição (ROBOCUP, 2004) para diferentes tipos de robôs e de dimensões distintas.
- *RoboCup Júnior* - A *RoboCup Júnior* é uma competição para crianças que está integrada no projeto *RoboCup*. Foi com a parceria do *Legó Lab* na Dinamarca, que a partir de 1999 foram organizadas competições destinadas às crianças entre os 9 e os 14 anos (Lund e Pagliarini, 1999). Esta competição tem equipas com dois robôs autónomos que disputam um

jogo de futebol contra outra equipa num campo que não ultrapassa os 3 metros. As dimensões dos robôs não poderão ultrapassar os 22 cm em diâmetro e altura. A plataforma *Lego Mindstorms* serve de base aos robôs podendo estes serem adaptados com diversos sensores e atuadores. O sucesso desta prova levou a que fossem aparecendo outras competições que foram sendo integradas neste projeto:

- *Salvamento* – que consiste num percurso que é uma linha marcada no chão a ser percorrida pelos robôs e pelo caminho alguns objetos (representam vítimas) que deverão de ser identificados, recolhidos e transportados para outro local.
- *Dança* – competição que apareceu para colmatar alguma prevalência do sexo masculino nestas provas. Nesta prova, o robô construído e programado deverá executar uma coreografia ao som da música estipulada. A avaliação feita por um júri poderá ter em consideração também os adereços do robô.

#### **3.1.4 Eventos de Robótica a Nível Nacional**

Em Portugal também se tem feito um esforço e um trabalho significativo para promover a robótica junto dos jovens tentando atraí-los para a ciência e tecnologia. Assim, também em Portugal já vemos muitos eventos de robótica com o objetivo de motivar alunos para uma área tecnologicamente mais avançada, estando o nosso país entre um dos que têm uma das maiores dinâmicas em torno da robótica.

A *Sociedade Portuguesa de Robótica* realiza anualmente o *Festival Nacional de Robótica* e apoia eventos como o *RoboParty*, o *Micro-Rato*, o *Ciber-Rato*, entre outros. Uma listagem dos principais eventos é dada em seguida.

### ***Festival Nacional de Robótica***

Este festival nasceu em 2001, com o desígnio de promover a ciência e a tecnologia juntos dos jovens, desde o ensino básico até ao universitário. Esta competição ocorre anualmente numa diferente cidade e pretende entusiasmar os alunos a participar e motivá-los para uma área tecnologicamente mais avançada e, por outro lado, multidisciplinar dando um contributo positivo para o desenvolvimento da investigação em *Robótica e Automação*.

Este evento conta com algumas modalidades da *RoboCup*, como a *Busca e Salvamento*, *Dança* e *Futebol Robótico* para os mais jovens e conta com a *Condução Autónoma* e o *Futebol Robótico Médio* para os séniores. Em 2015, foi realizado em conjunto com a *Conferência Nacional de Robótica*<sup>5</sup>.

### ***RoboParty***

O *RoboParty* é um evento pedagógico organizado pela Universidade do Minho com uma duração de três dias e duas noites. Neste evento as equipas que participam aprendem a construir robôs móveis autónomos de uma forma simples e divertida. Neste evento, os alunos aprendem a dar os primeiros passos em eletrónica, programação de robôs e construção mecânica. Cada equipa constrói o seu próprio robô e programa-o de acordo com as modalidades em que participa<sup>6</sup>.

### ***Micro-Rato***

A Universidade de Aveiro organiza anualmente um concurso de robótica desde 1995. Este evento teve a iniciativa de docentes do Dep. de Engenharia e Telecomunicações e está aberto a todos os alunos universitários dos cursos de engenharia. Estão envolvidas várias disciplinas para a construção destes robôs. Os

---

<sup>5</sup> <http://robotica2015.utad.pt/pt-pt/>

<sup>6</sup> <http://www.roboparty.uminho.pt/>

alunos terão de ter conhecimentos de eletrónica digital e analógica, microprocessadores, eletrónica de potência, controlo entre outras<sup>7</sup>.

### **Robô Bombeiro**

Competição organizada pelo departamento de Informática da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico da Guarda, que teve a sua primeira edição em 2003 com a participação de 14 equipas, tem o objetivo de promover e proporcionar um evento extracurricular interessante e divertido. São postos robôs à prova com a missão de encontrar e apagar incêndios. A simulação do incêndio é feita por uma vela num cenário que é um modelo de casa com corredores e quartos<sup>8</sup>.

### **First Lego League**

A *FIRST® LEGO® League (FLL)* foi criada com o objetivo de entusiasmar as crianças pela ciência e tecnologia. As crianças entre os 9 e os 16 anos podem participar ativamente neste programa. Para isso terão de superar alguns desafios baseados em problemas científicos da vida real para que as crianças sejam envolvidas na investigação, na resolução de problemas e ainda na engenharia. Este programa rege-se por um conjunto de valores com o objetivo de promover a amizade, o espírito desportivo, a aprendizagem e o envolvimento na comunidade<sup>9</sup>.

O programa da *FIRST® LEGO® League (FLL)*, permite que os jovens se envolvam em instigações tecnológicas e científicas do mundo real. E ainda que possam:

- Desenvolver uma estratégia, desenhar, construir e testar um robô usando a tecnologia da *LEGO Mindstorms*;

---

<sup>7</sup> <http://microrato.ua.pt>

<sup>8</sup> <http://robobombeiro.ipg.pt>

<sup>9</sup> <http://www.firstlegoleagueportugal.org/>.

- Criar soluções inovadoras para responder aos desafios que os cientistas de hoje enfrentam, como parte do projeto de investigação;
- Aplicar conceitos de matemática e ciência no mundo real;
- Desenvolver competências para o mundo do trabalho, tais como pensamento crítico, gestão do tempo, colaboração e comunicação, favorecendo a autoconfiança;
- Envolver-se em atividades guiadas pelos valores da *FLL*;
- Tornar-se membro ativo na sua comunidade local e global;
- Escolher participar em torneiros oficiais e eventos locais organizados pela sua comunidade;
- Qualificar-se para ser convidado a participar no *Festival Mundial*.

## **3.2 Plataformas de Robótica Educativa**

No desenvolvimento de projetos de Robótica Educativa, duas grandes hipóteses se colocam: usar kits desenvolvidos por um dado fabricante e que incluem já um conjunto de materiais pré-estabelecidos ou, em alternativa, usar materiais de uso corrente e a partir destes construir os robôs e todo o material necessário. Uma vez que a última alternativa, embora aliciante do ponto de vista educativo, só está ao alcance de alguns com os conhecimentos técnicos necessários, será dada especial ênfase neste trabalho aos kits já desenvolvidos por fabricantes.

### **3.2.1 O sistema Lego Mindstorms NXT**

Aborda-se com detalhe a plataforma *Lego Mindstorms NXT*, dado que além de ser esta a proposta mais recente no âmbito desta empresa, foi também esta a plataforma utilizada no âmbito de todo o trabalho apresentado nesta dissertação. Nesta secção, serão abordados os componentes ao nível da construção dos robôs, enquanto a próxima secção será dedicada à apresentação do software.

### ***Características gerais***

No ano de 2006, a *Legó* lançou no mercado a sua mais recente linha de produtos para Robótica Educativa, denominada de *Legó Mindstorms NXT*. Esta constitui uma versão com inúmeros melhoramentos em relação à sua congénere *RCX* lançada quase 10 anos antes, nomeadamente um processador com maior capacidade de processamento e de memória, bem como uma maior gama de sensores e motores mais avançados.

O bloco programável da série *LEGO Mindstorms NXT* (**Figura 4**) apresenta as seguintes especificações técnicas:

- Microcontrolador ARM7: 32 bit
- Memória FLASH: 256 Kbytes
- Memória RAM: 64 Kbytes
- Comunicação Bluetooth
- Porta USB
- 4 portas de entrada (para ligação aos sensores)
- 3 portas de saída (para ligação a motores ou outros atuadores)
- Monitor LCD: 100x64 pixel (área de visualização 26 x 41 mm)
- Coluna: 8 KHz e canal de som com 8 bits de resolução
- Alimentação: 6 pilhas AA ou bateria recarregável



Figura 4 - Ilustração do bloco programável Lego NXT e das suas interfaces de ligação

### **Sensores**

Os principais sensores utilizados com este kit são o sensor de toque, de som, de luminosidade ou luz e ultrassónico (**Figura 5**). Todos estes sensores são ligados a portas de entrada do bloco principal como já se viu. Estes são apresentados em seguida:

- *Sensor de toque:* é constituído por um interruptor, que permite que o robô tenha sensibilidade ao toque. O sensor poderá detetar o toque quando é pressionado ou quando é libertado.
- *Sensor de som:* é constituído por um microfone que permite realizar a captação de som e a medição da sua intensidade, medida em decibéis.
- *Sensor de luminosidade ou luz:* é constituído por um *LED* que permite detetar a intensidade de luz do ambiente.
- *Sensor ultrassónico:* pode ser utilizado na medição de distâncias, na deteção de movimento e na deteção de obstáculos. Através de software, este sensor pode medir em centímetros ou em polegadas, numa escala de 0 a 255 centímetros com uma precisão de cerca de 3 centímetros. Este sensor utiliza o mesmo princípio de funcionamento utilizado pelos morcegos para verem, ou seja, mede as distâncias calculando o tempo

que uma onda demora a bater no objeto e a regressar como um eco, utilizando dois sonares, um emissor e outro receptor.



Figura 5: Ilustração dos sensores usados no kit Lego Mindstorms NXT

### Motores

Cada kit *Legó Mindstorms NXT* vem equipado com três servomotores que permitem conferir movimento aos robôs. Estes são ilustrados pela **Figura 6**, sendo dotados de pequenos motores elétricos em que a velocidade e a posição são controladas por um circuito em ciclo, permitindo assim a identificação da posição atual. A velocidade de rotação é medida por um tacómetro, que produz uma determinada tensão que por sua vez é proporcional à velocidade. Este atuador permite uma rotação de  $360^\circ$  e a velocidade pode ser variável, consoante a tensão aplicada nos motores.

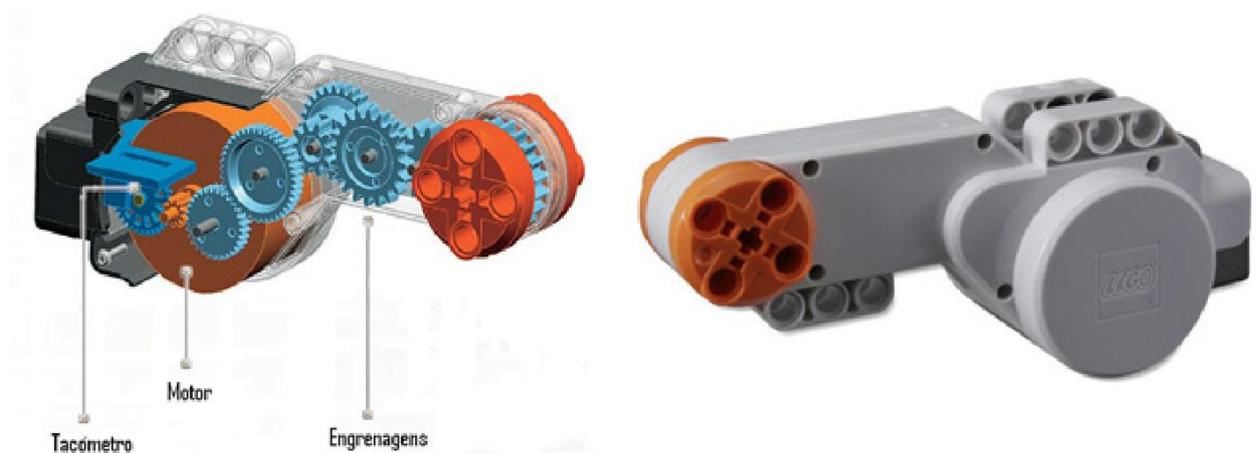


Figura 6: Ilustração de um servomotor do kit Lego Mindstorms NXT

### **LEDs**

Os *indicadores luminosos LED* poderão ser utilizados em diversas funções. Podem ser utilizados para indicar o estado de algum sensor, para criar efeitos luminosos de acordo com a tarefa pretendida, entre outras possibilidades.

### **Ecran LCD**

O *Ecran LCD*, disponível no bloco principal, permite aceder a todas as funções disponibilizadas pelo *NXT* tais como:

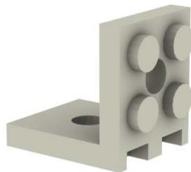
- Verificar o nível de bateria ou pilhas;
- Menu *My Files* que inclui os submenus:
- *Software Files*: programas desenvolvidos no computador e descarregados;
- *NXT Files*: programas desenvolvidos no próprio *NXT*;
- Menu *NXT Program*, que permite programar pequenos programas sem recorrer ao computador;
- Menu *Try Me*, onde se podem testar os sensores e os atuadores;
- Menu *View*, local onde se podem observar os valores, em tempo real, dos sensores;
- Menu *Settings* para configuração de alguns parâmetros;
- Menu de configuração do *Bluetooth*.

### **Peças para construção**

Para a construção do robô existem vários componentes que se detalham em seguida (**Figura 7** e **Tabela 1**). De referir que se podem ainda usar no processo de construção peças regulares do sistema *Lego*.



Figura 7 - Componentes de Construção do Robô

Nome	Descrição	Objecto
<b>Suporte 90°</b> Bracket 2 x 2 – 2 x 2.	Permite conexões de peças em um ângulo perpendicular ou 90°. Utilizado normalmente para fixação de sensores.	
Vigas	Permitem conexões de eixos e alavancas. Devem ser utilizados com pinos de conexão e oferecem uma maior estabilidade na estrutura.	
Vigas anguladas	As vigas anguladas são usadas nos projetos que necessitem de um desvio angular da montagem como por exemplo a colocação de sensores, luzes e controladores. Devem ser utilizados com pinos de conexão e oferecem uma maior estabilidade na estrutura.	

Conetor de eixos (luva)	Usado para junção e prolongamento de eixos.	
Pinos/cavilhas	Estes componentes são utilizados para fixação de vigas e alavancas em rodas, controladores e fixação de estruturas.	
Engrenagens	Transmitem força dos motores para eixos e para outras engrenagens.	
Buchas e pequenas engrenagens	Estes componentes permitem o travamento de rodas e eixos mantendo estabilidade na estrutura.	
Came - Excêntrico	Transmissão de força em sistemas de alavancas e excêntricos.	
Parafuso ou rosca sem fim	Transmissão de força em sistemas de cremalheiras, engrenagens e caixas de redução	
Prancha com furos - Mancal	Apoio em montagem com múltiplos eixos. Centralização de eixos para rotação perfeita.	
Junta universal para cardã	Une dois eixos e permite movimento angular mantendo a rotação.	

Diferencial	Permite na montagem de veículos, manter o equilíbrio numa curva.	
-------------	--	---

Tabela 1 - Descrição das peças técnicas de construção

### 3.2.2 Programação do robô: a Linguagem NXT-G

A *Linguagem NXT-G* é uma linguagem de programação visual que foi desenvolvida pela *National Instruments* e adotada pela *Legó* para acompanhar os kits *Legó Mindstorms NXT*. Esta foi a alternativa adotada pois é fácil de utilizar, podendo ser utilizado por adultos ou mesmo crianças sem experiência prévia de programação.

Neste ambiente, são disponibilizados vários blocos predefinidos que interligados entre si permitem desencadear uma sequência lógica de movimentos, introduzir atrasos, tocar sons, estado dos sensores e temporizadores internos. Este software tem uma interface intuitiva que permite ao utilizador selecionar os objetos desejados e arrastá-los para a sua área de trabalho. O ambiente de programação gráfica torna-se fácil para um utilizador iniciado e bastante poderoso para um especialista (Teixeira, 2006).

O interface do ambiente de programação é constituído por um conjunto de componentes que é ilustrado na **Figura 8** e descrito na **Tabela 2**. As mais importantes detalham-se em seguida.

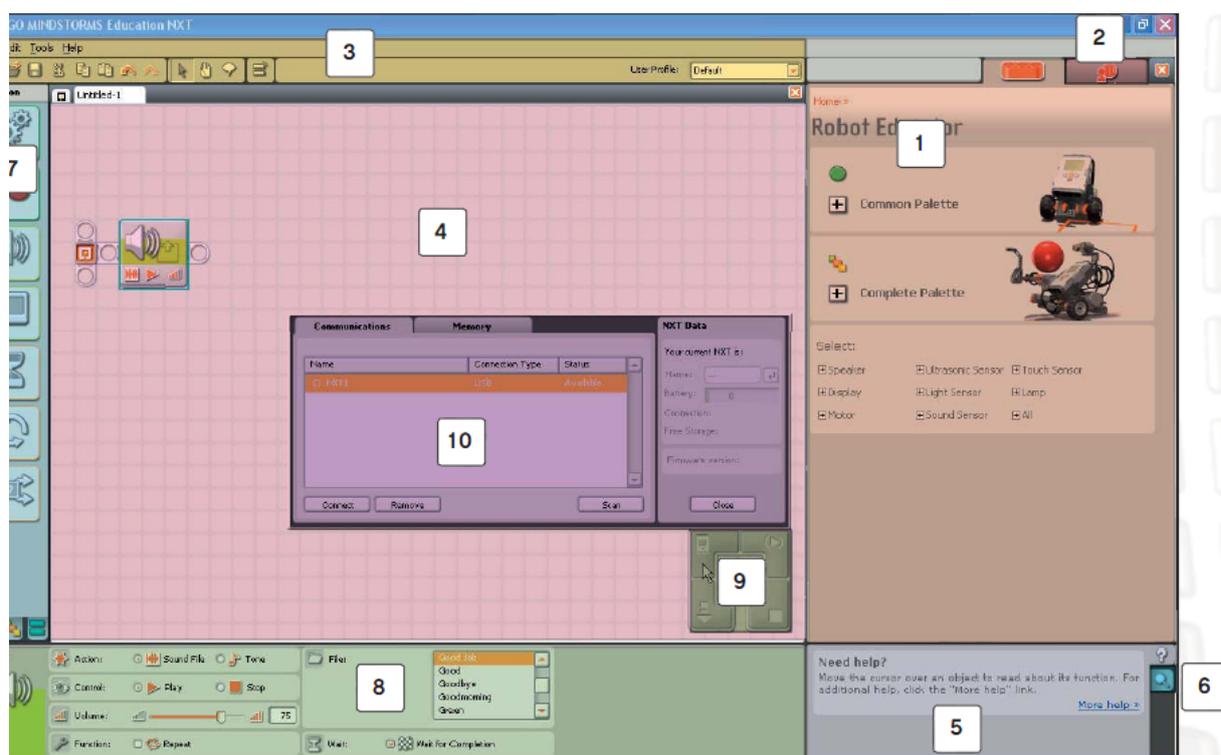


Figura 8 – Interface do ambiente de programação

1	<i>Robot Educator</i>	Instruções relacionadas com a construção e a programação de robôs.
2	<i>My Portal</i>	Acesso ao portal <a href="http://www.mindstormseducation.com">www.mindstormseducation.com</a>
3	<i>Tool bar</i>	Barra que inclui os comandos e as ferramentas mais frequentes
4	<i>Work area</i>	Espaço onde se criam os programas usando os ícones.
5	<i>Little Help window</i>	Janela de ajuda
6	<i>Work area map</i>	Ferramenta para nos deslocarmos na área de trabalho.
7	<i>Programming palette</i>	Blocos de programação disponíveis para se criarem os programas
8	<i>Configuration panel</i>	Cada bloco de programação tem um painel de configuração que permite definir as propriedades do bloco de acordo com as entradas e saídas que se pretende.
9	<i>Controller</i>	Constituído por 5 botões, permite fazer <i>download</i> de programas do computador para o NXT. Aqui podemos também mudar as configurações do robô.
10	<i>The NXT window</i>	Esta janela fornece informação sobre a memória e as configurações do NXT

Tabela 2 – Descrição dos componentes do ambiente de programação

Na área de trabalho podemos encontrar a *janela inicial* (**Figura 9**) e a *folha de programação* (**Figura 10**). A *janela inicial* abre-se automaticamente sempre que se inicia o software. Permite ao utilizador conhecer o programa e aceder aos ficheiros já gravados e ainda criar novos.

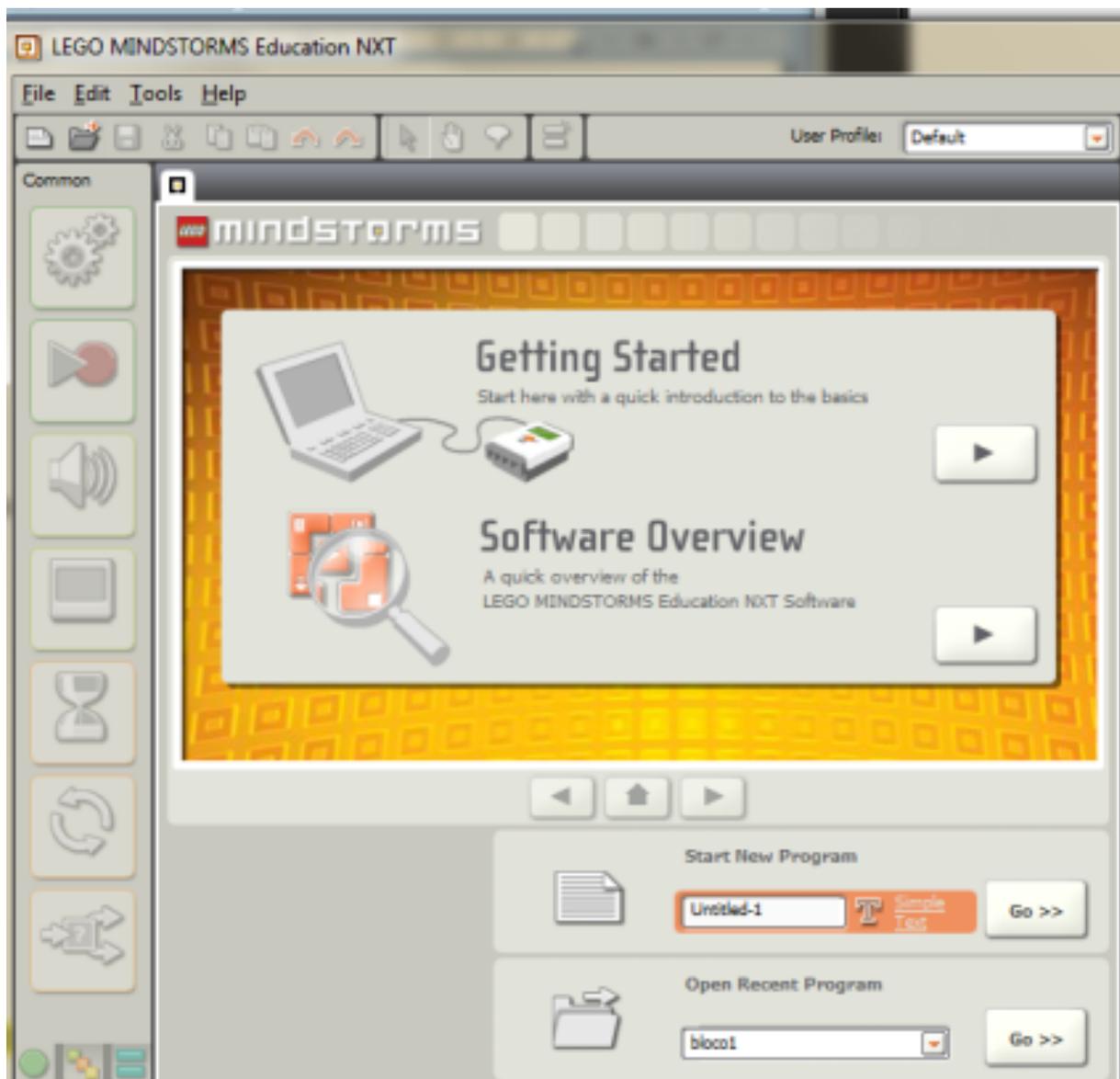


Figura 9 - Janela inicial

É na *folha de programação* que poderemos construir o programa para ser executado no robô. Para iniciar a programação basta arrastar um comando para a zona *Start*.

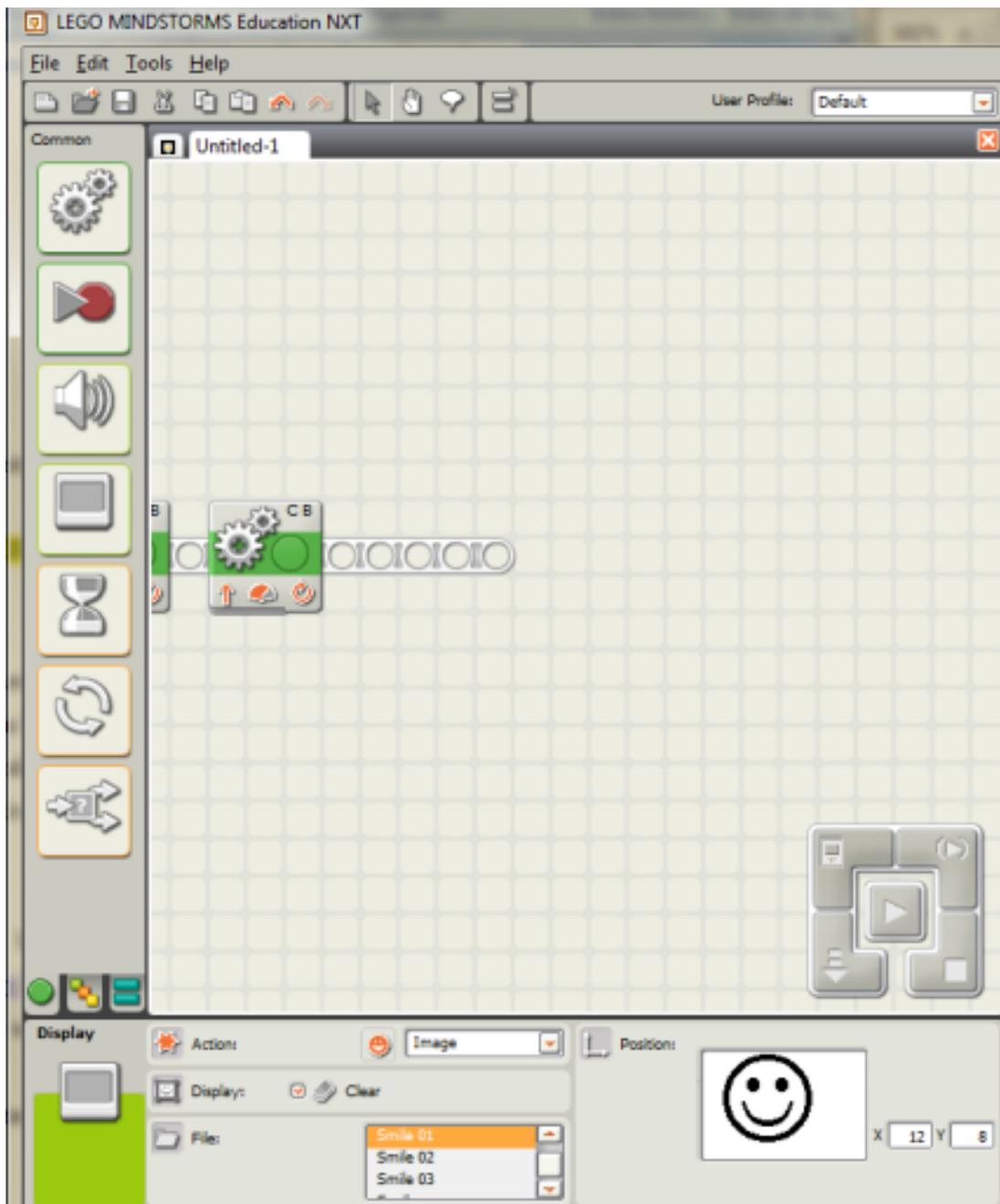


Figura 10 - Folha de Programação

As barras de comandos encontram-se do lado esquerdo do ecrã. Para verificar os blocos de cada uma das barras basta clicar num dos ícones:



. A programação do robô *Legó Mindstorms NXT* faz-se pela utilização de

diversos blocos de programação com distintas funcionalidades, interligando-se de forma a obter um programa coerente de acordo com as necessidades.

A **Figura 11** apresenta as opções disponíveis para o utilizador, que são divididas em três grupos distintos:

- A *paleta de comandos básicos*, que agrupa os blocos de programação mais utilizados e mais simples de utilizar pelos utilizadores;
- A *paleta completa*, que lista todos os comandos disponíveis incluindo comandos de ação, de sensor, de fluxo, de dados e operações avançadas;
- A *paleta de criação de comandos*, que permite que o utilizador defina novos blocos de programação.

A **Tabela 3** define com mais detalhe a funcionalidade dos blocos de programação presentes na *paleta de comandos básicos*.

		
<b>Common Palette</b> - Paleta de Comandos Básicos	<b>Complete Palette</b> - Paleta de Comandos Avançados	<b>Custom Palette</b> - Paleta de Comandos Criados
 <b>Move (Andar)</b>	 Paleta de Comandos Básicos	 Botão de entrada para os Meus Blocos
 <b>Record/Play (Gravar/Executar)</b>	 Comandos de Ação	 Botão de entrada para web Download
 <b>Sound (Som)</b>	 Comandos de Sensor	
 <b>Display (Ecrã)</b>	 Comandos de Fluxo (flow)	

	<b>Wait for (Esperar)</b>		Comandos de Dados e de Operações
	<b>Loop (Ciclo) -</b>		Comandos Avançados
	<b>Switch (Alternar)</b>		

Figura 11 - Barras de Comandos adaptado de Cnotinfor

	
<b>Common Palette</b> – Paleta de Comandos Básicos	
	<b>Move (Andar)</b> - permite colocar os motores em movimento e parar os motores
	<b>Record/Play (Gravar/Executar)</b> - permite gravar movimentos dos motores para depois os executar.
	<b>Sound (Som)</b> - permite introduzir sons na programação.
	<b>Display (Ecrã)</b> - utiliza-se para colocar uma imagem no ecrã <i>LCD do NXT</i> .

	<b>Wait for (Esperar)</b> - Permite que o <i>NXT</i> possa aguardar por uma alteração ou tempo
	<b>Loop (Ciclo)</b> - Utiliza-se para repetir sequências de comandos
	<b>Switch (Alternar)</b> - Permite escolher entre duas sequências de comandos executáveis mediante uma condição.

**Tabela 3 - Blocos da Paleta de Comandos Básicos**

### ***Ciclo de vida de um projeto***

Qualquer projeto desenvolvido com os kits *Legó Mindstorms* passa necessariamente pelas seguintes fases, que serão invariavelmente repetidas de forma iterativa até atingir o resultado pretendido (Zilli, 2004):

- Análise do problema e planeamento do robô;
- Construção do robô usando o bloco principal, os sensores e atuadores necessários e possivelmente outras peças *Legó*.
- Desenvolvimento do programa usando uma das ferramentas de programação.
- Carregamento do programa do computador para o robô.
- Execução do programa pelo robô.

### **3.2.3 Outras plataformas**

#### ***Robô Roamer***

Trata-se de um robô que tem sido bastante utilizado nos níveis mais básicos da educação (a partir dos 4 anos) e que permite a programação do robô numa consola própria, numa linguagem semelhante ao *LOGO*, o que torna este processo

bastante simples. O robô *Roamer* (**Figura 12**) movimenta-se em qualquer direção, sendo capaz de rodar e emitir sons, podendo ainda ser equipado de um marcador que lhe permite desenhar no solo. Permite trabalhar diversos conceitos matemáticos ao nível dos 1º, 2º e 3º ciclos e até do pré-escolar, não tendo, no entanto a riqueza ao nível da construção do kit anterior. Foi criado pela companhia *Valiant Inc.* nos Estados Unidos. É comercializado em Portugal pela *Cnotinfor* ([www.cnotinfor.pt](http://www.cnotinfor.pt)).



Figura 12 – Robô Roamer

### ***Parallax***

Esta empresa (<http://www.parallax.com>) tem um conjunto de kits de robótica adaptados a vários tipos de utilizadores com distintos níveis de conhecimento. O robô mais simples é o *Scribbler*, adequado a crianças a partir dos 8 anos, que traz um conjunto de programas predefinidos e permite a programação em ambientes visuais relativamente simples de novas funcionalidades. O robô já vem montado e não há qualquer trabalho de construção envolvido mas apenas programação. Tal como no caso do *Roamer* é possível acoplar um marcador ao robô para que este escreva no solo a sua trajetória. Existem outras alternativas para utilizadores mais experientes, nomeadamente o popular *BoeBot* ou o *SumoBot* mais utilizado nas competições (**Figura 13**).



Figura 13 - Robô Parallax

### ***Fischertechnik***

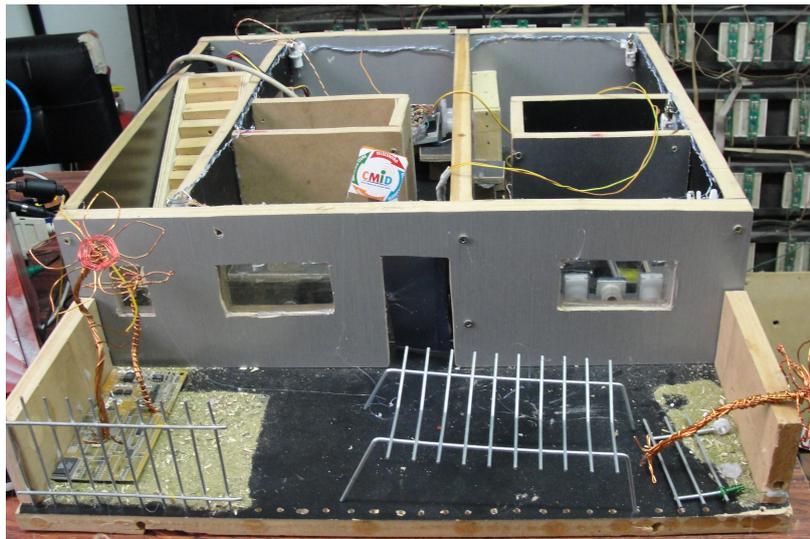
Esta marca alemã tem sido nos últimos 40 anos a principal concorrente da *Legó* e esta rivalidade estende-se à Robótica. Para muitos aficionados os kits da marca alemã tem maior qualidade técnica, mas sofreram sempre da desvantagem de preços mais altos. A filosofia é semelhante à da *Legó*, havendo uma grande aposta na fase da construção (**Figura 14**).



Figura 14 - Robô Fischertechnik

### ***Construções com materiais de sucata***

Especialmente no Brasil é comum fazer-se o desenvolvimento de robôs a partir dos componentes eletrônicos ou de material já existente. Esta abordagem é claramente mais atraente do ponto de vista económico embora exija conhecimentos de eletrónica que não a tornam atrativa para qualquer professor, nem para os níveis de ensino mais básico (**Figura 15**).



**Figura 15 - Construção com material de sucata**

### **3.3 Características e potencialidades pedagógicas da Robótica Educativa**

A Robótica Educativa apresenta-se como uma lufada de ar fresco na Educação, permitindo que seja implementado um conjunto de ideias pedagógicas inovadoras. Estas ideias incluem o construtivismo, a interdisciplinaridade, a aprendizagem colaborativa, a aprendizagem baseada na resolução de problemas ou a aprendizagem com base em projetos (Gura, 2007).

Ruiz-Velasco (1998) apresenta algumas potencialidades educativas da Robótica Educativa:

- *Interdisciplinaridade* - integração das diferentes áreas do conhecimento;
- Desenvolvimento do *raciocínio lógico e pensamento abstrato* – atuação com objetos manipuláveis passando do concreto ao abstrato;

- Desenvolvimento do *pensamento sistémico e organizado*;
- Conceção das suas próprias *estratégias de aquisição do saber*;
- Criação de *ambientes de aprendizagem*;
- *Imaginação e criatividade* – a criação de ambiente de aprendizagem lúdico e heurístico;
- *Motivação e entusiasmo* dos alunos;
- *Aprendizagem baseada em projetos*;
- *Aprendizagem baseada na resolução de problemas*;
- *Trabalho de equipa e competências de comunicação*.

Segundo Zilli (2004) a robótica apresenta várias e diversificadas vantagens na sua utilização num ambiente educativo. Sendo elas:

- Tornar o aluno consciente da ciência na sua vida quotidiana;
- Promover a interdisciplinaridade e a incorporação de conceitos de diversas áreas, tais como a matemática, a física, a eletricidade, a mecânica e a eletrónica;
- Preparar o aluno para o trabalho de grupo;
- Metamorfosear a aprendizagem em algo construtivo, tornando bastante compreensível as bases da ciência e da tecnologia aos alunos;
- Incrementar o raciocínio e a lógica na construção de algoritmos e programas para controlar mecanismos;
- Gerar aptidões para investigar e resolver problemas concretos.
- Experimentar num equipamento físico o que foi estudado na teoria ou em programas “modelo” que simulam o mundo real;
- Estimular a rotina de trabalho estruturado uma vez que incrementa aspetos ligados à planificação, à concretização e à apreciação final de projetos;
- Estimular a criatividade, tanto no momento da criação das ideias como durante o processo de resolução dos problemas;

- Despertar para a leitura, para a exploração e para a investigação;
- Desenvolver a sua independência na procura e aquisição de conhecimentos;
- Auxiliar na superação de demarcações de comunicação, fazendo com que o aluno verbalize seus conhecimentos e suas experiências e desenvolva sua capacidade de argumentar e contra argumentar;
- Aumentar a concentração, a disciplina, a responsabilidade, o comprometimento, a persistência e a perseverança;
- Aperfeiçoar a motricidade por meio da concretização de trabalhos manuais.

Segundo Silva (2009), a utilização da robótica em sala de aula possui os seguintes objetivos:

- desenvolver a autonomia, ou seja, a capacidade de se posicionar, elaborar projetos pessoais e participar na tomada de decisões coletivas;
- desenvolver a capacidade de pensar múltiplas opções para resolver um problema;
- desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo e respeitar as opiniões e ideias dos outros;
- desenvolver capacidades e aptidões ligadas à lógica, às noções espaciais, ao pensamento matemático, ao trabalho de grupo, à organização e ao planeamento de projetos envolvendo robôs;
- fomentar a interdisciplinaridade, promovendo a assimilação de conceitos de distintas áreas tais como: a linguagem, a matemática, a física, as ciências, a história, a geografia, as artes, etc.;
- proporcionar o desenvolvimento de projetos utilizando conhecimentos de diversas áreas do saber.

De facto, a Robótica Educativa permite aos professores implementar de forma efetiva aspetos importantes da chamada *reforma educativa* mas que se têm

mostrado difíceis de atingir até ao aparecimento das tecnologias mais recentes, como sejam (Gura & Percy, 2005):

- aprendizagem baseada em projetos;
- aprendizagem baseadas na resolução de problemas;
- atividades autênticas (nas quais os alunos desenvolvem atividades que têm um efeito “real” no mundo);
- avaliação alternativa (na qual a avaliação recai sobre os produtos desenvolvidos);
- aprendizagem colaborativa.

Nesta secção pretendem-se abordar as principais características e potencialidades da Robótica Educativa, a diversos níveis conforme acima referido. Esta discussão será organizada num conjunto de tópicos que se consideraram relevantes neste contexto.

### **3.3.1 A Robótica Educativa como ambiente/micromundo de aprendizagem**

Um ambiente de aprendizagem poderá ser determinado pelas relações e as interações que ocorrem numa aula entre os alunos e os professores e entre os anteriores e os recursos disponíveis para o desenvolvimento das atividades. Um ambiente de aprendizagem deverá estar organizado em função das competências e conhecimentos dos alunos e dos objetivos que se pretendem atingir.

A escola só lucrar se conseguir integrar a tecnologia digital como meio de construção de conhecimento, permitindo criar experiências que promovam o desenvolvimento de competências que são importantes para o ingresso dos nossos jovens no mundo do trabalho e na integração eficiente na nossa sociedade. Para que isso aconteça com algum significado é necessário que se desenhem e criem ambientes inovadores de aprendizagem, que venham colmatar as lacunas dos ambientes existentes há longas décadas. Urge desenhar a escola do mesmo cais, há que fazer mover as marés para que o barco circule e atraque noutros cais e

noutras águas. Há que desencalhar a nossa escola e levá-la a portos e horizontes nunca alcançados nem vistos. Há que dar o verdadeiro valor ao conceito de aprendizagem por descoberta.

O desenvolvimento de novos ambientes de aprendizagem a que Papert alcunhou de *micromundos*, conduz à inclusão nos baús metodológicos e pedagógicos das ferramentas para a exploração, a descoberta e a construção de conhecimento. O termo *micromundo* é considerado uma entidade pública que utiliza objetos para pensar como ferramentas de construção do conhecimento (Badilla & Chacón, 2004).

Ao trabalhar em ambientes de aprendizagem com kits robóticos pode-se proporcionar aos alunos uma melhor compreensão da tecnologia e, ainda, permitir que se desenvolvam várias competências, tais como a criatividade, a imaginação, a resolução de problemas entre outros. Muitos vezes, os professores não se apercebem dos contributos que as ferramentas TIC podem trazer para o ensino-aprendizagem ao proporcionarem ambientes de aprendizagem mais ricos e diversificados (Amante, 2007).

É de conhecimento geral de que as TIC não deverão ser vistas como uma panaceia que resolve todos os problemas que ocorrem e com os quais diariamente nos debatemos no nosso sistema educativo. No entanto, também é sabido que ao se fazer uso das TIC e ao inquirir todas as suas potencialidades estamos a aprimorar e aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem em diferentes áreas curriculares (Santos, 2006). Por isso, cabe aos profissionais da educação fazer a integração das tecnologias de forma a tornar rentável o processo de ensino-aprendizagem.

O recurso às TIC no 1º ciclo deverá estar de acordo com os objetivos gerais da escola, para que todas as atividades com recurso às mesmas possam ser integradas na planificação e reflexão em paralelo com as outras atividades (Belchior et al, 1993). Uma das formas de introduzir as TIC no currículo é através da Robótica Educativa que pode ser utilizada como um processo de *Alfabetização Robótica* em que se faz uma abordagem dos conceitos mais simples desta tecnologia tais como conceitos de construção e de programação e, por outro lado,

pelo facto de se poder usar de uma forma precisa e avançada para aprender conceitos de várias áreas disciplinares e desenvolver múltiplas competências.

Cada vez mais se encara mais a Robótica Educativa como uma ferramenta que potencia as diversas representações do conhecimento e, deste modo, afigura-se como um meio de interação entre o aluno e a aprendizagem permitindo ao aluno resolver problemas e trabalhar em equipa.

Do ponto de vista cognitivo a Robótica Educativa tornou-se numa ferramenta poderosa, permitindo a criação de ambientes de aprendizagem e de melhores condições para a aquisição do conhecimento. A Robótica Educativa permite a observação, a exploração e a reprodução de fenómenos concretos e reais favorecendo a interatividade entre aluno-computador-robô-professor. O aluno é confrontado com o seu *erro* tornando as ações e reações mais ricas e motivadoras do processo de ensino-aprendizagem. Podem executar as vezes que necessitarem os processos ou fenómenos até que estejam satisfeitos com os resultados das hipóteses geradas (Gura, 2007).

### **3.3.2 Motivação e entusiasmo**

Dos diversos estudos que se têm feito sobre a Robótica Educativa, todos apontam para a componente motivacional que esta exerce nos alunos. Os alunos que têm o privilégio de manipular esta ferramenta tecnológica manifestam um grande entusiasmo, interesse e empenho na prossecução das atividades que envolvem os robôs (Beer et al, 1999; Hirst et al, 2002).

Uma das principais vantagens apontadas à Robótica Educativa é o seu poder para motivar e envolver os estudantes. A motivação é reconhecida como uma grande potencialidade da Robótica Educativa, pelo facto dos alunos se mostrarem mais interessados pela aprendizagem. Uma das principais vantagens apontadas à Robótica Educativa é o seu poder para motivar/entusiasmar e envolver os alunos nas atividades que usam esta ferramenta como meio de aprendizagem,

estimulando a sua curiosidade natural e, ainda, a necessidade de participar em atividades lúdicas (Gura, 2007).

Muito tem sido apontado nos últimos anos em relação à apatia dos alunos e necessidade de reformular os currículos para os tornar mais apelativos para os alunos. A Robótica Educativa motiva e envolve os alunos de uma forma muito mais natural do que este exercício superficial de maquilhar o currículo. A Robótica diz algo aos alunos pois estes percebem a sua relevância no mundo onde vivem. A Robótica Educativa estimula a sua curiosidade natural e a necessidade saudável de participar em atividades lúdicas. Para além disso, reduz as tensões sociais ao promover o envolvimento mútuo dos alunos nos problemas a resolver (Rogers & Portsmore, 2004).

Do ponto de vista da ligação ao currículo os projetos de Robótica são a antítese perfeita dos currículos sequenciais, que se podem tornar aborrecidos e previsíveis. Na Robótica Educativa, exploram-se instintos e ideias criativas, os conceitos previamente aprendidos ganham aplicação e são identificados em cada momento dada a necessidade. Todo este processo é assimilado numa corrente de consciência do que foi aprendido, que cobre todas as dimensões do projeto. Além disso, uma carga emotiva elevada também faz parte deste contínuo, tomando o seu lugar importante ao lado da componente cognitiva (Nagchaudhuri et al, 2002). Os projetos de Robótica têm um princípio, um meio e um fim determinados. Produzem um produto final e um desempenho no qual será fácil os jovens identificarem-se e orgulharem-se. Podem apontar para o seu robô e dizer que foi algo no qual eles participaram diretamente.

De todas as características que se poderão apontar à Robótica como ferramenta educativa, há uma que será a mais indiscutível de todas. De facto, todos os estudos e investigadores realçam o entusiasmo com que os alunos participam nas atividades e a forma particularmente motivada com que encaram as tarefas que têm que realizar.

Em alguns estudos este entusiasmo levou a que os investigadores notassem alunos que queriam trabalhar durante os intervalos (Portsmore et al, 2001), bem como

alunos normalmente desatentos que revelavam uma inusitada aplicação nas novas tarefas (Rogers & Portsmore, 2004).

Não é de estranhar, então, que a Robótica seja encarada como uma forma de motivar os alunos para áreas mais “difíceis”, como as ciências, onde é reconhecida a necessidade de atrair alunos. Resultados positivos a este nível foram relatados por professores envolvidos num curso de Verão de Robótica (Nagchaudhuri et al, 2002). De facto, a Robótica oferece um campo de aplicação prática de muitos conceitos (e.g. da física e da matemática) tornando-os acessíveis e úteis para a prossecução de tarefas consideradas como interessantes pelos alunos.

A motivação é reconhecida como um aspeto importante para a maioria das teorias de aprendizagem, que se relaciona com fatores como a estimulação, a atenção e a ansiedade. Abordando a realidade dos jogos de computador, Malone (1981) tentou enquadrar a *motivação intrínseca* como sendo criada por três fatores: o *desafio*, a *fantasia* e a *curiosidade*. O *desafio* advém da incerteza nos resultados provocada pela complexidade, aleatoriedade ou informação incompleta nos ambientes. A *fantasia* depende das competências requeridas pela aprendizagem. A *curiosidade* será despertada quando os alunos reconhecem lacunas no seu conhecimento. Todos estes aspetos refletem claramente a realidade das atividades da Robótica.

Neste contexto, a Robótica oferece um potencial motivacional forte, estimulando o interesse dos alunos por diversas atividades que podem trazer vantagens pedagógicas relevantes no contexto de uma visão construtivista da aprendizagem.

### **3.3.3 Interdisciplinaridade**

A Robótica Educativa é vista, cada vez mais, como uma ferramenta pedagógica de cariz interdisciplinar pelo facto de se envolver nas diversas áreas disciplinares. Qualquer projeto ou atividade robótica implica conhecimento e trabalho de várias áreas disciplinares, com um objetivo comum que se pretende

atingir. Assim, a Robótica Educativa, de acordo com as ideias lançadas em 1976 por Japiassu sobre a interdisciplinaridade, afigura-se como uma plataforma mediadora que permite banir as fronteiras existentes entre as diferentes áreas curriculares (Japiassu, 1976). A robótica ao ser transdisciplinar consegue criar espaços e cenários onde é possível haver inovação educativa e interdisciplinar (Morin, 1999).

A aprendizagem interdisciplinar é definida por Jacob (1989) como uma visão do conhecimento e uma abordagem ao currículo que conscientemente aplica metodologias e linguagem de mais do que uma disciplina para examinar um tema, tópico, assunto, problema ou trabalho de interesse. Pombo (1993) defende que a escola deverá ser considerada como um meio de desenvolvimento e promoção de atitudes, hábitos e formas de trabalho interdisciplinares. Assim, o sistema curricular deverá fomentar uma prática educativa interdisciplinar evitando que o ensino se veja como fragmentário e abstrato, exigindo métodos que fomentem a cooperação, o debate de ideias e a capacidade de argumentação.

A construção de um robô educativo requer o conhecimento de diversas áreas. É necessário ter conhecimentos de mecânica para poder construir a estrutura do modelo, de eletricidade para poder animar este objeto, de eletrónica para poder compreender o interface de comunicação entre o computador e o robô e de informática para desenvolver um programa numa linguagem de programação que permita controlar o protótipo. A Robótica é, assim, claramente uma área multidisciplinar, envolvendo um conjunto de disciplinas como a física, a matemática, a informática ou a eletrónica.

Ao nível das atividades de Robótica Educativa é comum a abordagem de outras áreas da ciência ou das artes (como as artes plásticas, a dança ou a música). Desta forma, a Robótica reúne todas as condições para proporcionar um conjunto de atividades interdisciplinares que promovam uma aprendizagem transversal dos diversos temas (Ribeiro, 2006). De facto, a Robótica Educativa afigura-se com um carácter polivalente e multidisciplinar e, por isso, pode desempenhar um papel crucial no processo educativo.

À medida que o aluno se envolve neste ambiente, através do desenho, da construção do protótipo, da programação dos robôs está numa fase de aquisição de competências e invocação de conhecimentos de várias disciplinas e de vários campos do saber tais como da matemática, das ciências e da tecnologia. Este conhecimento não se deverá apresentar fragmentado nem separado em porções, antes, porém, é necessário que se apresente integrado para um bom desenvolvimento do projeto. Deste modo, é aqui que vemos umas das grandes potencialidades da Robótica Educativa, pela razão de permitir a integração, sob o ponto de vista cognitivo e tecnológico, de diferentes áreas do saber no desenvolvimento de um projeto como seja a construção de um robô. Para todos aqueles interessados na Robótica Educativa como parte de um programa de aprendizagem, o primeiro princípio será o de manter a integridade dos conteúdos retirados das diferentes disciplinas usando ligações significativas para sustentar a pesquisa dos alunos nas várias disciplinas e entre elas (Gura, 2007).

O nosso sistema de ensino parece não estar apto para resolver os grandes reptos e problemas globais devido ao ensino cada vez mais fragmentado e especializado, criando um desajuste entre as ciências e as humanidades (Morin, 1999). Por isso, dado a Robótica Educativa ser uma ferramenta transdisciplinar pode criar espaços ou ambientes onde poderá ocorrer inovação e interdisciplinaridade, em que todas as áreas se toquem e partilhem do mesmo objetivo.

Do ponto de vista do professor a Robótica Educativa deverá ser encarada como um processo de aprendizagem que obtém os seus ganhos com o desenvolvimento de todo o processo de engenharia do robô, desde a fase de design, construção e programação, até obter um produto final, ou desenvolvimento de um projeto ou situação problemática (Gura & Percy, 2005).

Ao nível específico do 1º ciclo, como se trata de um nível de ensino que ainda se rege pela monodocência conseguem realizar-se projetos interdisciplinares ricos, facilitados pelo facto do professor ser o responsável por todas as áreas curriculares e, por outro lado, porque as crianças desta faixa etária precisam de manipular e construir objetos para conseguirem um nível de abstração satisfatório.

Neste nível, é mais fácil para o professor gerir o espaço e o tempo de acordo com as necessidades das suas atividades pedagógicas (Ribeiro, 2006).

### **3.3.4 Imaginação e criatividade - a criação de um ambiente de aprendizagem lúdico e heurístico**

O conceito de imaginação desponta da interseção de ideias como a percepção, a memória, a ideia, a criação, a emoção e a metáfora. As emoções aparentam estar interligadas a imagens mentais: quando imaginamos algo, temos tendência para sentir que é a realidade ou que se apresenta como tal, nem que seja temporariamente (Egan, 1986).

Ao conceito de imaginação está claramente associada também a ideia de *novidade*, por sua vez intimamente relacionada com os processos de resolução de problemas. A evolução do conhecimento humano está ligada a acontecimentos criativos de pensadores que olharam o mundo com uma visão inquiridora e partiram para a formulação de novas ideias.

Falar de inovação em educação significa mudar as formas de agilizar, de pensar e de viver o ensino-aprendizagem. A inovação surge da necessidade de resolver determinado problema (De la Torre, 1998). Fala-se de inovação quando a Robótica Educativa se apresenta como um projeto educativo que implique e beneficie os alunos no processo de ensino-aprendizagem. A Robótica Educativa resulta em inovação se se verificar uma mudança nas pessoas, nas ideias e atitudes, nas relações e interações, nos modos de atuar e pensar (Acuña, 2006).

Os processos de construção e programação de robôs envolvem todo este processo de criatividade convidando os alunos a inovarem no processo de resolução de situações problemáticas (Ribeiro, 2006). Os alunos desenvolvem a criatividade ao desenharem e criarem o seu protótipo bem como a finalidade com que foi idealizado, tornando-se alunos persistentes no seu trabalho, executando as suas ações com rigor e imaginação.

A Robótica Educativa permite que seja criado um ambiente de aprendizagem lúdico e heurístico real (através de questões o professor leva o aluno a descobrir por si próprio as soluções), desenhado para potenciar as virtudes das tecnologias no desenvolvimento do conhecimento. Conceber, desenhar e criar um robô implica incrementar um modelo de aprendizagem suportado na tecnologia como sendo um processo com dimensões epistemológicas. Inicialmente os alunos não sabem como construíram o seu protótipo robótico mas a verdade é que desenvolveram uma série de heurísticas que lhes permitiram concluir o projeto. Gradualmente, os alunos vão afinando a sua faculdade de descobrir e inventam caminhos a seguir para jogar e controlar o seu robô fazendo uso da sua capacidade lúdica, festiva, da sua imaginação e criatividade. Partindo de algo já existente, como peças *Legó*, motores e sensores e dar forma a um objeto funcional que seja leve, de agradável design e que possa receber os comandos estabelecidos num programa é um desafio à criatividade. É preciso perceber no todo as formas mais eficientes e isso é criar (Castilho, 2002).

Com o desenvolvimento de projetos robóticos na área da educação podemos oportunizar diversas possibilidades de desenvolvimento das diversas inteligências preconizadas por Gardner (1983). Perante as atividades de construção e programação de um robô que é idealizado e concebido em grupo, as ações que se destacam são de índole percetiva nomeadamente na visão espacial, no toque e manipulação das peças. Os alunos trabalham, ainda, as relações interpessoais na medida em que fomentam a interação, troca e partilha de ideias e conhecimentos. Quando estamos perante um grupo heterogéneo de ideias, de conhecimentos, de inteligências com a mesma finalidade, estamos a ver crescer seres humanos com talentos criativos nas diferentes áreas.

### **3.3.5 Aprendizagem baseada na resolução de problemas**

A resolução de problemas é um processo através do qual se usam os conhecimentos prévios, as capacidades e a compreensão de forma a satisfazer as

exigências de uma situação que não é familiar. Este processo começa com o confronto inicial e conclui-se quando se obtém uma resposta que contempla as condições iniciais. Assim, é necessário sintetizar o que se aprendeu e aplicar os conhecimentos a novas situações (Krulik & Rudnick, 1993). Segundo Polya (2003, p.11): “uma grande descoberta resolve um grande problema, mas há sempre uma pitada de descoberta na resolução de qualquer problema”.

Os problemas fornecem um foco aos alunos que lhes permite reduzir o âmbito do que é conhecido e do que necessita de ser aprendido para um conjunto de factos e competências determinados que serão úteis para a resolução do desafio que têm perante mãos. Estas atividades transformam o aluno de aprendiz passivo para um indivíduo reflexivo capaz de empregar uma variedade de competências de raciocínio. A importância que estas atividades dão ao pensamento torna-as efetivas e altamente consideradas pelos educadores pois promove a construção do significado, algo mais difícil de atingir que uma mera coleção de factos. Os professores reportam que se observam altos níveis de compreensão e um maior desenvolvimento nas competências de formação de conhecimento, sendo a aprendizagem baseada em problemas uma abordagem útil para encorajar os alunos a aplicar o conhecimento anterior.

A Robótica Educativa, por meio das manipulações concretas da construção de operações mentais, permite que o aluno enfrente os problemas de forma a resolvê-los. O cenário ideal para uma aprendizagem em Robótica Educativa é criar um ambiente onde se possa acompanhar e guiar o aluno ao longo de um vasto processo que implica a conceção, a construção e operação com o robô para resolver tarefas e problemas (Gura, 2007). Através de projetos desenvolvidos com o uso da robótica os alunos são estimulados a pensar, a estruturar as suas ideias, a elaborar hipóteses para que finalmente atinjam o objetivo delineado e pretendido inicialmente.

A Robótica Educativa é um ambiente de aprendizagem onde ocorrem experiências construtivistas controladas artificialmente, que permite a transformação de atividades abstratas em atividades concretas controláveis e manipuláveis. Os objetos mentais encontram a sua correspondência na vida real

quando são controlados, manipulados e quando os alunos são capazes de produzir um resultado.

As atividades de Robótica Educativa caracterizam-se por proporcionar uma quantidade quase infindável de problemas para os alunos resolverem, que têm como característica o serem inesperados, por vezes mesmo para o professor que coordena a atividade. O facto de estes problemas emergirem do mundo real e serem até por vezes impossíveis de resolver, confere-lhes uma dimensão completamente distinta dos simples exercícios de sala de aula, que o aluno sabe que irão ser invariavelmente resolvidos (Teixeira, 2006).

A Robótica Educativa, ao apresentar diversos problemas e desafios para os alunos solucionarem, está a potenciar uma competência extremamente importante que é a resolução de problemas. Os alunos que estão envolvidos ou imersos neste ambiente de aprendizagem estão, desde o início ao fim, perante uma constante resolução de problemas. Desde o projetar, conceber ou desenhar o seu protótipo, ao construir, ao programar e ao solucionar que os alunos têm de encontrar respostas ou resolver diversos problemas que se apresentam em cada etapa. Neste ambiente de aprendizagem os alunos deparam-se constantemente com diversos obstáculos e deste modo precisam de desenvolver mecanismos para os resolver (Zilli, 2004).

A Robótica Educativa ao permitir criar atividades e projetos onde os alunos terão que resolver problemas estão a transformar o aluno de aprendiz passivo para um indivíduo reflexivo que é capaz de aplicar um sortido de competências de raciocínio. Estas atividades e projetos com uso da Robótica Educativa promovem a construção do significado dos factos. Os alunos ao envolverem-se nestas atividades atingem altos níveis de compreensão e desenvolvem competências de formação de conhecimento. Perante qualquer desafio que o aluno tenha que resolver ou solucionar terá de apelar ao conhecimento anterior para encontrar a resposta mais próxima da solução (Teixeira, 2006).

Trabalhar com a Robótica Educativa será o mesmo que dizer que estamos perante uma aprendizagem problematizadora, em que deveremos saber trabalhar em equipa, saber partilhar tarefas, valorizar o erro como uma maneira de ajudar

na construção do conhecimento ao oferecer oportunidade para que o aluno entenda porque errou e procure encontrar uma nova solução para o problema, partindo de novas investigações, explorações, até descobrir por si próprio a solução do problema (Zilli, 2004).

### **3.3.6 Aprendizagem baseada em projetos**

Atualmente, as escolas já envolvem os seus alunos em projetos de várias áreas (e.g. artes visuais, música, etc.). No entanto, em áreas mais tradicionais, há muito poucos exemplos da implementação de projetos. A recente focalização na avaliação com testes torna ainda mais difícil a implementação destes projetos. Os professores exigem uma variedade de relatórios dos alunos mas é tudo tão formal e tão voltado para a avaliação que acaba por limitar o potencial das atividades envolvidas no projeto.

*A aprendizagem baseada em projetos (ABP) é mais do que simplesmente atribuir atividades aos alunos organizadas em projetos. Pode ser definida como: método de ensino sistemático que envolve os alunos na aprendizagem de conhecimento e competências através de um processo estendido de pesquisa estruturado em volta de questões complexas e autênticas, bem como de produtos e tarefas cuidadosamente planeados [The Buck Institute for Education, (2002), citado em Gura, (2007)].*

Embora as escolas dos nossos dias estejam a preparar alunos para entrar num mundo onde o conhecimento resulta de uma mistura de ideias retiradas de várias disciplinas e os problemas a resolver nos ambientes de trabalho envolvem a mobilidade entre diversos projetos, as noções anteriores são ainda, para muitos professores, abordagens progressivas para muitas escolas e professores em muitos casos não merecendo a adoção de forma generalizada.

A Robótica Educativa representa uma proposta diferente que evita esta luta interna de muitos professores entre uma instrução tradicional e estas propostas “progressistas”. De facto, a Robótica Educativa traz consigo estas abordagens de

forma implícita. As atividades autênticas e o nível profundo de envolvimento dos alunos, bem como o grau de aprendizagem evidenciado pelas avaliações aos produtos finais e aos desempenhos dos alunos, não podem ser atingidos sem interdisciplinaridade e sem aprendizagem baseada na resolução de problemas e em projetos (Gura, 2007).

A Robótica Educativa tem-se mostrado um elemento novo e necessário para os alunos do nosso sistema educativo. Numa sociedade de grande avanço tecnológico, a Robótica Educativa permite aos alunos fazer simulações dos vários contextos de trabalho. Com esta ferramenta tecnológica, os alunos aprendem a ser engenheiros pelo facto de poderem ser os autores dos projetos ao criarem objetos, ao programar robôs e ao encontrar soluções para os vários problemas que se apresentam em cada fase de trabalho e que se apresentam no mundo.

A Robótica Educativa permite criar e desenvolver projetos educativos multidisciplinares ao mesmo tempo pode desenvolver habilidades sociais, cognitivas e tecnológicas nos alunos. Cada vez mais vemos implementadas experiências robóticas que vêm de distintas direções. Por um lado temos as competições que valorizam a utilização desta ferramenta para divulgar a ciência. Por outro, cada vez mais professores fazem uso desta ferramenta nas suas disciplinas e atividades pedagógicas. Os alunos podem criar projetos onde façam simulações de lugares e situações que lhes sejam conhecidas.

### **3.3.7 Trabalho em equipa e competências de comunicação**

Estamos numa era em que a partilha de conhecimentos e ideias se mostra cada vez mais importante. O indivíduo para sobreviver necessita da companhia dos seus semelhantes, para comunicar, partilhar e conviver. Nós, enquanto indivíduos, temos a necessidade de repartir com o outro, ajudar o outro e ser ajudado pelo outro (Castilho, 2002).

Num ambiente de robótica educativa privilegia-se o processo de aprendizagem colaborativa. Os alunos colaboram entre si para as aprendizagens

do grupo e da mesma maneira o grupo colabora para as aprendizagens individuais. Para que haja uma *aprendizagem cooperativa* dever-se-á trabalhar em grupo e cada equipa contribuirá para a obra coletiva. O professor é responsável por orientar e guiar o grupo de acordo com uma estrutura de forma a que seja dada a liberdade de explorar e experimentar todas as ações pelos alunos (Zilli, 2004).

Na *aprendizagem colaborativa*, a aprendizagem individual resulta das atividades do grupo ou da comunidade. O aluno partilha os recursos com o grupo e utiliza o trabalho realizado em grupo para aprender individualmente. Na Robótica Educativa a estrutura da atividade apresenta-se de uma forma aberta e flexível. Há um grau de liberdade bastante grande em cada fase de desenvolvimento do projeto robótico desde a exploração, a experimentação, a conceção, o desenho e o desenvolvimento do projeto.

Em quase todas as atividades de Robótica os alunos trabalham em equipas de forma colaborativa com um objetivo comum. Neste processo, envolvem-se na resolução de problemas, o que implica a discussão em grupo das melhores estratégias. Todo este processo é um esforço interessante de comunicação e trabalho de grupo (Silva, 2009).

Para um bom desenvolvimento destes projetos é necessário que os alunos se sintam apoiados e se apoiem mutuamente, que aceite sugestões e vejam as suas a serem aceites, que analisem as diversas tarefas e que, acima de tudo, trabalhem sempre em parceria (Castilho, 2002).

### **3.3.8 Raciocínio lógico e pensamento abstrato**

Os processos de planeamento de um robô e da sua programação, no sentido de que este seja adequado para a resolução de uma tarefa, envolvem competências ao nível da abstração.

O processo de construção implica a capacidade de planear ou desenhar um robô com determinadas características que o tornem apto a desempenhar uma

dada função. Este processo implica a capacidade do aluno poder visualizar o comportamento do robô e avaliar da sua conformidade com a tarefa pedida. Por outro lado, há a necessidade de prever possíveis situações de erro tornando assim o robô robusto a determinadas situações do ambiente (Morin, 1999).

A Robótica Educativa permite incrementar estratégias próprias de resolução de problemas por parte dos sujeitos quando manipulam diretamente o robô. Esta ação acontece pelo facto de a Robótica Educativa permitir que o sujeito exerça uma ação sobre os objetos, enriquecendo, deste modo, as representações que se fazem acerca do objeto. A partir destas ações o sujeito consegue chegar a resultados objetivos comuns e por abstração reflexiva construir conceitos das suas representações. Neste ambiente, os alunos desenvolvem uma capacidade de abstração ao terem que pensar como se fossem o próprio robô. Ao projetar-se no robô, na forma como ele aprende e como ele pensa, a criança está a pensar sobre o pensamento (metacognição) [Lau et al (1999) citado por Teixeira (2006)].

Por outro lado, o processo de programação processa-se com base numa linguagem simbólica e visual, que o aluno terá que ser capaz de mapear no comportamento físico do robô. Isto implica a capacidade de prever o comportamento do robô a partir dos símbolos abstratos incluídos na programação (e.g. *diagrama do Lego Mindstorms*) (Ribeiro, 2006).

Uma das potencialidades da Robótica Educativa é a sincronização da representação gráfica de uma linguagem de programação entre o fenómeno real que se pretende produzir e a simulação gráfica. Desta forma, os alunos apoderam-se da linguagem gráfica como se se tratasse de uma linguagem matemática. Linguagem gráfica e linguagem matemática são por natureza ambas universais. Torna-se mais fácil a leitura e a interpretação gráfica de um ícone do que a memorização (Portsmore et al, 2001).

### **3.3.9 Uma aprendizagem autónoma e individualizada**

A escola tem-se defrontado com o desafio de tornar o aluno um agente ativo do seu próprio conhecimento. É urgente transformar a escola tradicional, onde o professor é o detentor do conhecimento e o transmite ao aluno tornando-o um agente passivo do processo de aprendizagem para uma escola em que o aluno seja o construtor do seu próprio conhecimento. Essa transformação e mudança tem vindo a ocorrer na escola de uma forma lenta. O caminho da teoria para a prática sugere que se usem instrumentos que permitam que as experiências dos alunos os encaminhem a agir por sua própria vontade.

A Robótica Educativa será uma das formas de metamorfose para uma nova escola tornando o aluno um agente responsável e ativo buscando o conhecimento necessário para o desenvolvimento do seu projeto. A Robótica Educativa fornece um conjunto de materiais com aplicações reais que podem ser organizadas de forma livre para criar diversas oportunidades de aprendizagem, para os mais diversos conteúdos e competências. Cada projeto envolve um conjunto diferente de competências e da sua combinação, fornecendo aos alunos uma miríade de desafios em diversas configurações (Gura, 2007).

A Robótica Educativa dá a possibilidade ao aluno de construir a suas próprias estratégias de aquisição do conhecimento não permitindo que o aluno seja um mero recetor passivo de conceitos. Como é sabido há conceitos de difícil assimilação dado o seu carácter complexo, contudo, através da Robótica Educativa é possível haver uma manipulação direta sobre o objeto onde há uma interação do sujeito com os objetos do saber. São as suas estruturas cognitivas diferenciais que caracterizam o tipo de apreensão da realidade por parte do sujeito.

Sendo a robótica uma área que envolve conhecimentos de outras áreas, é natural que muitas vezes, na realização de um projeto, o professor não tenha conhecimentos de todas as áreas e desse modo o aluno tenha a capacidade de procurar o que necessita para resolver os problemas. O aluno experimenta, analisa, refaz e aprende por si só, rompe barreiras e vai mais além do que lhe é fornecido, criando autonomia na aprendizagem e desenvolve a máxima do *aprende a aprender* (Castilho, 2002).

Num ambiente de Robótica Educativa, a função do professor passa por proporcionar uma atmosfera onde o aluno se sinta seguro na elaboração de ideias criativas, na busca do conhecimento e no agir com os recursos disponibilizados sem fragmentar o seu conhecimento. As suas ações permitem que o seu conhecimento, a sua maneira de ser e pensar sejam ampliados, criando autonomia na aprendizagem (Castilho, 2002).

### **3.4 A Robótica Educativa na promoção do Desenvolvimento Tecnológico Positivo**

#### **3.4.1 Princípios do Desenvolvimento Tecnológico Positivo: modelo 6C's**

O uso de Robótica tem sido associado ao ensino-aprendizagem da ciências e da matemática. No entanto, na educação básica, a tecnologia não poderá ser só usada para estas áreas mas antes de uma forma mais global.

Ao longo dos anos, os investigadores conceberam duas formas pelas quais as crianças poderiam aprender com e sobre tecnologia – a *literacia computacional* e a *fluência tecnológica*. Ambas abordam as questões do que significa ser apto a ensinar-aprender com e sobre tecnologia. Enquanto a primeira, a *literacia computacional*, se apoia fortemente no desenvolvimento de competências instrumentais, a segunda, a *fluência tecnológica*, foca a capacidade dos indivíduos se expressarem criativamente usando a tecnologia. Esta última está, também, ligada fortemente ao construcionismo, enfatizando que neste processo, as crianças também desenvolvem novas formas de pensar. Assim, o papel da tecnologia (computador) vai muito para além de um instrumento. O trabalho de Turkle reconhece que as TIC podem servir funções psicológicas permitindo às crianças explorar quem são e como se relacionam com os outros (Turkle, 1984 & 1995).

Este reconhecimento do papel das TIC cria o contexto para o *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*, desafiando os educadores que usam a

tecnologia a explorar o seu papel positivo no desenvolvimento sócio-emocional das crianças, colocando questões como:

- como podemos usar a tecnologia para ajudar as crianças a pensar sobre si próprias de forma diferente ?
- como podemos criar ambientes ricos em tecnologia que permitam às crianças explorar a sua psicologia e a sua relação com os outros ?
- como podemos desenvolver currícula que integrem o uso da tecnologia com o desenvolvimento sócio-emocional ?

A tecnologia tem um grande impacto na vida da crianças, ao nível pessoal, social e emocional desde muito cedo. No mundo atual, as crianças precisam de mais do que *literacia computacional* e *fluência tecnológica* para usar a tecnologia de forma positiva. O desenvolvimento de competências e confiança no uso de computadores é um passo necessário. É também importante desenvolver traços de personalidade que possam ajudar as crianças a usar a tecnologia de forma segura e a comunicar e interagir com os outros, fornecendo-lhes oportunidades para contemplar um mundo melhor pelo uso das tecnologias.

A pergunta que os professores devem fazer é: “Qual é a função de uma criança a crescer num período tecnologicamente rico como o nosso?”. Os computadores fazem parte da vida das crianças e são usados de formas diferentes nas várias fases de desenvolvimento. A tecnologia está no meio da vida das crianças, não sendo limitada à escola. Como educadores, devemos criar as fundações para o uso da tecnologia pelas crianças de forma a poderem ser melhores profissionais no futuro, mas também para contribuírem mais positivamente para si próprios, para as suas comunidades e para o mundo em geral. É sobre isto que trata o *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*, complementando a trajetória de aprendizagem iniciada pela *fluência* e *literacia tecnológicas* que se foca no desenvolvimento cognitivo, adicionando uma dimensão sócio-emocional.

De uma perspetiva teórica, o *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*, emerge dos fundamentos do construcionismo e das ciências ligadas ao

desenvolvimento. Podem ser identificadas seis *características positivas* nos indivíduos em desenvolvimento (6 Cs)<sup>10</sup>: *competência, confiança, preocupação, ligação, caráter, contribuição* (Lerner et al, 2005). Este conjunto de características resume os fatores que estarão envolvidos no *desenvolvimento positivo* de todas as pessoas nas primeiras duas décadas de vida. Tomando este trabalho como base, os programas educacionais que fazem uso das tecnologias segundo uma perspectiva de *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)* deverão ajudar as crianças a desenvolver:

- *competências* nos esforços intelectuais e na aquisição de *literacia computacional e fluência tecnológica*;
- *confiança* no seu potencial de aprendizagem através das tecnologias e na sua capacidade de resolver problemas técnicos;
- *preocupação/cuidado* com os outros, expressada pelo uso da tecnologia para estabelecer colaborações e ajudar os outros;
- *ligação* aos seus pares ou a adultos para usar tecnologias formando comunidades reais ou virtuais e redes sociais;
- *caráter*, tornando-os conscientes dos seus valores pessoais, respeitando os valores dos outros e assumindo um uso responsável das tecnologias;
- *contribuição* na conceção de formas positivas de usar as tecnologias criando melhores ambientes de aprendizagem, melhores comunidades e sociedades em geral.

Estes *seis C's* podem guiar os educadores na criação de ambientes tecnologicamente ricos, desde o desenvolvimento do curriculum à avaliação, independentemente dos conteúdos e das ideias poderosas envolvidas em cada caso particular.

Como é que podemos desenvolver estes programas? Como é que podemos saber se as tecnologias suportam um *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*

---

<sup>10</sup> Note-se que os seis C's advêm das palavras anglo-saxónicas originais – competence; confidence; caring; connection; character and contribution

ou são limitadas ao ensino de um conteúdo em particular? Como desenhamos currícula que tomem em consideração o *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)* quando se integra a tecnologia com os conteúdos disciplinares? Estas são questões pertinentes e complexas de abordar. Para além disso, deve existir uma preocupação genuína no desenvolvimento de práticas adequadas.

A plataforma proposta por Bers de *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)* (Bers, 2008) ajuda-nos nos desafios anteriores, propondo:

- o conceito de ambientes de construção da identidade;
- questões que, como educadores, nos devemos colocar;
- o modelo “*seis C’s por seis C’s*” que procura orientar a nossa escolha nas tecnologias a usar, na forma de desenvolver o curriculum e nas estratégias de avaliação.

### ***Ambientes de construção da identidade***

Estes ambientes são explicitamente desenhados para promover o *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*. Existem dois tipos de ambientes: *centrados nas ferramentas* e *centrados no ambiente*. Podem ser ferramentas tecnológicas desenhadas para suportar a exploração de si próprio e da comunidades, ou podem ser ambientes tecnologicamente ricos nos quais as tecnologias existentes, inicialmente desenvolvidas para outros fins, são usadas no âmbito de uma plataforma para *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*.

Ambos os tipos de ambiente são desenhados com base em *10 princípios* (Bers, 2008):

- 1)** fornecer um espaço seguro no qual as crianças possam criar *projetos significativos*;
- 2)** ajudar os jovens utilizadores a realizar *autorreflexão e introspeção*
- 3)** fornecer oportunidades para o envolvimento em atividades de *criação interativas*;

- 4) fornecer ferramentas que permitam que os utilizadores criem *representações complexas de si próprios*, sublinhando a multiplicidade de aspetos e a sua mudança no tempo;
- 5) providenciar flexibilidade para expressar e explorar *ideias poderosas* sobre a identidade em várias formas;
- 6) providenciar oportunidades para que as crianças se envolvam na *expressão narrativa* (contar histórias de si próprio);
- 7) *envolver e motivar* utilizadores por longos períodos de uma forma natural e por iniciativa própria;
- 8) Fazer uso de *tecnologias* em rede para criar uma *comunidade* que possa testar novos conceitos e formas de pensar e de se comportar;
- 9) Suportar a passagem do conhecimento à ação, nomeadamente fornecendo oportunidades para que as crianças expressem a sua identidade e explorem os seus comportamentos no contexto de uma comunidade;
- 10) Ser desenhados seguindo o método participativo.

Existem poucas tecnologias que podem ser identificadas nesta classe. No entanto, a maior parte das tecnologias construcionistas podem tornar-se nestes ambientes como um adequado desenho do curriculum e do ambiente de aprendizagem. Na Robótica, as crianças podem criar e programar os seus projetos (princípios 3, 4, 6, 7, 10). Os outros elementos não são inerentes à tecnologia da Robótica mas podem ser abordados por um ambiente e um curriculum desenvolvidos para promover o *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*. Isto conduz-nos ao ponto seguinte.

### **Modelo**

A primeira questão a colocar será: “*que tipo de tecnologias se podem usar para promover o Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)?*” Se a tecnologia não

é desenvolvida especificamente para que as crianças possam explorar questões relacionadas com elas próprias e com a comunidade, necessitamos de reconhecer que a tecnologia é flexível podendo ser incorporada num ambiente construcionista permitindo um curriculum baseado no *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*.

A Robótica é um exemplo destas tecnologias, tendo sido criada originalmente para os campos da ciência e matemática. No entanto, a natureza construcionista dos kits permite criar projetos abertos nos seus objetivos e pode ser facilmente integrada num ambiente que promove o *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*.

Ao descobrir uma destas tecnologias flexíveis necessitamos de perceber como a podemos integrar numa plataforma de *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*. “Como poderemos criar ambientes de construção de identidade?”

O modelo teórico “6 C’s by 6 C’s” (**Figura 16**) fornece os fundamentos necessários mostrando como cada uma das características desejáveis do desenvolvimento do indivíduo pode ser promovido pelas características da tecnologia, do curriculum e do ambiente de aprendizagem:

- a *criação de conteúdos* promove a *competência* no uso das tecnologias;
- a *criatividade* estimula a *confiança* no uso da tecnologia pela criança para criar projetos significativos;
- a *comunicação* (síncrona e assíncrona) ajuda na formação de redes de *cuidados*;
- a *colaboração* estimula as *ligações* entre as pessoas;
- uma *conduta correta* inclui o envolvimento em ações eticamente responsáveis que são guiadas por traços de *personalidade*;
- a *construção de uma comunidade* permite planear e participar em ambientes onde se podem realizar *contribuições positivas*.

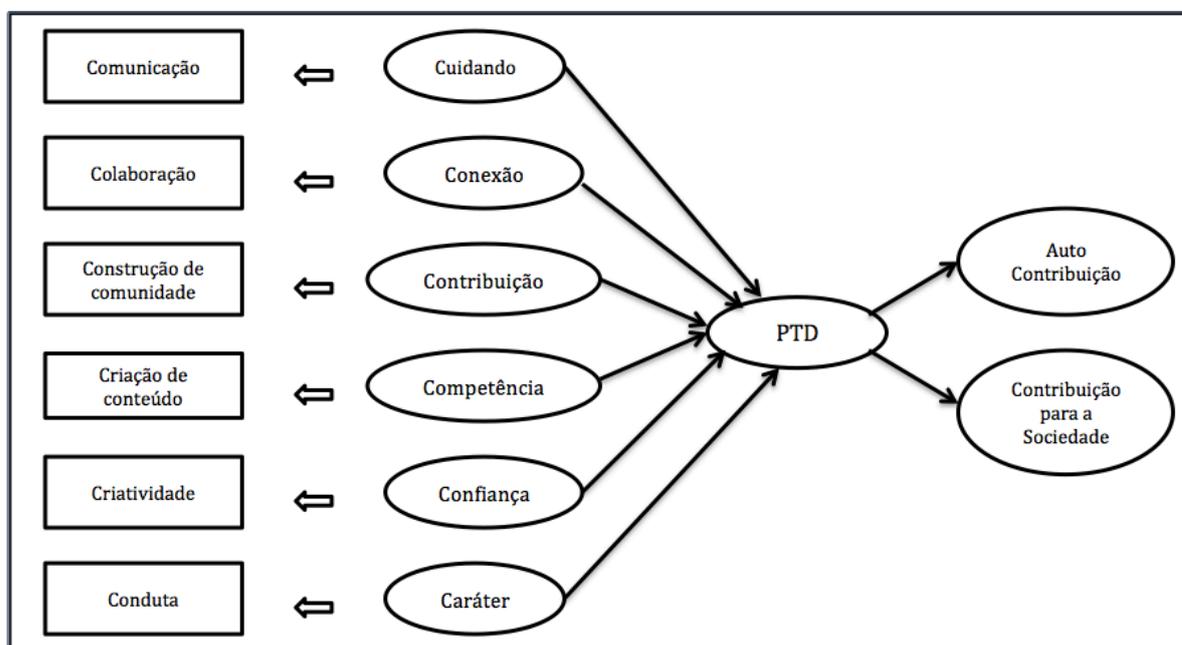


Figura 16 - Modelo 6 C's por 6 C's (Adaptado de Bers, 2008)

### 3.4.2 A Robótica Educativa como promotora do Desenvolvimento Tecnológico Positivo

Nesta secção aborda-se a forma como a Robótica pode ser usada para nutrir aspetos sociais e emocionais importantes na infância e que a maior parte dos trabalhos em tecnologia educativa têm ignorado. É sabido que certos programas de computador podem envolver as crianças em interações sociais (Wang & Ching, 2003). Quando a Robótica é usada no contexto de um ambiente construcionista para promover o *Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP)*, dois elementos são muito importantes: o *trabalho de equipa* e a *gestão da frustração*. O primeiro ajuda no desenvolvimento social, enquanto o segundo suporta o desenvolvimento emocional.

O *trabalho de equipa* está relacionado com a *colaboração* e a *cooperação*. Trata da diferenciação de papéis e do trabalho comum com vista a um objetivo comum. Nos ambientes construcionistas as crianças podem escolher trabalhar em projetos que visem um interesse ou objetivo partilhado.

A Robótica fornece uma plataforma para envolver as crianças em projetos conjuntos baseados em interesses individuais. Mas também encoraja o trabalho de equipa requerendo a integração de diversas competências. No modelo anterior dois dos C's são particularmente abordados: *cuidado e ligações*. As crianças envolvidas em projetos de Robótica aprendem a negociar ideias e a forma como são implementadas, aprendendo a ligar-se aos outros pedindo feedback e ajuda.

Um ambiente de aprendizagem que suporta o desenvolvimento na criança de um sentido de *cuidado e ligação* é desenhado para encorajar *comunicação e colaboração*. A nossa escolha de como apresentar os materiais às crianças pode ser um veículo para promover este aspeto.

Um fenómeno comum nos projetos tecnológicos é a frustração devida ao facto de a tecnologia não fazer exatamente aquilo que se pretende. Como é que podemos ajudar as crianças a lidar com esta frustração? Alguns professores querem evitar a frustração selecionando criteriosamente os projetos e fornecendo instruções pormenorizadas passo a passo de forma a que as crianças não encontrem barreiras. Mas esta estratégia não é consistente com o construcionismo, pois priva as crianças da autenticidade da experiência de aprendizagem e dos prazeres de aprender pela descoberta.

Aprender é difícil. Alan Kay refere-se a este fenómeno como *hard fun*, uma atividade que nos prende porque é agradável, mas que também constitui um desafio (Bers, 2008). Os ambientes construcionistas fornecem oportunidades para este tipo de atividades, mas devem igualmente ser acompanhados por planos de ajuda à gestão da frustração. Muitos professores criam ambientes onde é normal não se conseguir o sucesso na primeira tentativa e quando este é atingido tentam reformular objetivos para aumentar o desafio. Outros relembram que é normal as coisas falharem nas primeiras tentativas. Isto ajuda a criar um ambiente mais "seguro", onde não há mal se as coisas falharem. Incentivar a diversão criando um ambiente descontraído onde se ouve o riso é uma das melhores formas de combater a frustração. Por outro lado, também parece ser mais fácil combater a frustração se o trabalho for continuado ao longo do ano e não concentrado em um ou dois projetos.

Aprender a gerir a frustração está associado com o *C* da *confiança* no modelo. Se ajudarmos as crianças a reagir positivamente quando as coisas não correm como esperado, estamos a torná-las mais seguras de si próprias, um aspeto importante do desenvolvimento emocional.

### **3.4.3 O papel do professor**

O contexto do ambiente de aprendizagem na qual uma dada tecnologia é introduzida é pelo menos tão importante quanto a tecnologia em si mesma. Esta secção explora uma faceta importante: o papel do professor e as dificuldades inerentes à implementação de atividades de Robótica Educativa.

Muitos professores são motivados a trazer estas atividades para a sala de aula porque provocam mudanças no comportamento dos alunos. Em muitos casos, o que mais surpreende os professores são a excitação, a criatividade e o envolvimento que os alunos demonstram.

Ainda assim, numerosos professores têm receios iniciais e preocupações sobre as questões que se colocam para trazer atividades de Robótica para a sala de aula. Muitos professores desistem nas primeiras tentativas e alguns acabam por tentar de novo.

De facto, são vários os obstáculos à implementação da Robótica na sala de aula, desde o custo, à falta de formação, passando pela ênfase colocada noutros conteúdos. Além disso, todos os professores tendem a ensinar como foram ensinados. Enquanto será comum ver alguns professores a inovarem, é muito mais difícil que todos os professores o façam. Ultrapassar estes obstáculos requer liderança no seio da escola e da comunidade educativa.

Para trazer aprendizagem *hands-on* às salas de aula, deve-se mudar de um professor a ensinar para um professor a ser um mentor; as questões deverão ser levantadas pelos alunos e não pelo professor; em vez de todos sentados a ouvir, teremos uma sala de alunos em movimento, em interação, de professores ensinando no meio do “caos”. Isto pode ser cansativo para os professores. Muitos

evitam este “caos” organizando grupos e papéis bem definidos. Os tempos de discussão em círculo com todo o grupo são também determinantes para muitos para que a aprendizagem seja realizada (Bers, 2008).

Dois dos problemas mais comuns na organização da sala de aula são a limpeza, pois as peças dos kits tendem a ficar perdidas em todo o lado, e a conservação dos modelos construídos, pois tornam-se difíceis de partilhar entre grupos especialmente se várias turmas partilham os mesmos kits. Algumas soluções passam por organizar os materiais em vários grupos, responsabilizando os grupos de alunos pelas peças maiores e mais importantes.

Em relação aos custos, estes são significativos no início. A manutenção normalmente não se torna muito cara, pois os materiais não são consumidos.

Um obstáculo final é a questão de que em engenharia não há respostas certas, mas apenas soluções que funcionam melhor ou pior. O professor não é, assim, a fonte de todas as respostas corretas e muitas vezes tem que admitir que não sabe algo !

De uma perspectiva de aprendizagem não há dúvida que as atividades de Robótica aumentam o entusiasmo e motivam a aprendizagem de matérias complexas. No entanto, é a orientação do professor que pode transformar estas coisas em aprendizagem real. A maior parte dos professores que adotam a Robótica continuam a fazê-lo e acham que vale a pena!



## **4. Integração Curricular da Robótica Educativa no Ensino Básico**

### **Sumário**

*Este capítulo pretende abordar um conjunto de tópicos relacionados com o desenvolvimento de atividades de Robótica Educativa (RE) no contexto do Ensino Básico e a forma como estas se podem integrar curricularmente. Inicia-se com uma discussão sobre a importância dos materiais manipulativos no contexto da educação básica. Em seguida, aborda-se a integração da Robótica Educativa nas diversas áreas curriculares do Ensino Básico, com algum ênfase na área da matemática. São ainda apresentados exemplos nacionais e internacionais de projetos de integração curricular da Robótica Educativa no Ensino Básico.*

## **4.1 Introdução: as Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino Básico**

A sociedade de hoje expõe as crianças às tecnologias de uma forma muito precoce (Wartella & Jennings, 2000). As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) encontraram um grande êxito e assumiram-se como um incalculável auxiliar do professor no domínio da motivação dos alunos. São elas as responsáveis por conduzirem a realidade para dentro da sala de aula e gerar oportunidades de comunicação real (Santos, 2006).

As TIC podem ter um impacto alucinante na renovação do sistema educativo e, ainda, podem, com toda a certeza, dar resposta aos múltiplos desafios vindos das sociedades de informação. A nossa sociedade está sempre em mutação e os sistemas educativos não devem ser imunes a essa mudança. Assim, a escola deverá habituar-se e andar de mãos dadas com as mudanças impostas pela sociedade para que não fique desarmada nem distante dos grandes preceitos tecnológicos (Silva & Silva, 2002).

A integração das TIC não se deve à necessidade que o professor tem delas mas sim da imposição acentuada pela sociedade digital. E como a escola vive à custa dos verdadeiros nativos digitais, será de todo obrigada a saber integrá-los e a dar respostas às suas solicitudes (Prensky, 2001).

Apesar das crianças se sentirem atraídas pelas TIC, muitas vezes essa impulsividade não é aproveitada pela escola para que sejam feitas descobertas e novas aprendizagens (Valente & Osório, 2007).

No 1º ciclo, as TIC são transversais ao currículo, assim torna-se mais interessante e desafiador para um profissional poder criar projetos pedagógicos que utilizem esta ferramenta. Todo o professor que não estiver apto a perceber minimamente e a servir-se dos sistemas informáticos correrá o risco de permanecer tão desintegrado e desinserido na sociedade do futuro como um analfabeto ou iletrado o está na sociedade de hoje (Ponte, 1997).

As TIC são instrumentos que permitem transferir o centro do processo ensino-aprendizagem para o aluno de forma a desenvolver a sua autonomia e valorizando o ambiente de aprendizagem. Do mesmo modo, as TIC possibilitam a indagação de conjunturas que de outra forma era impensável e irrealizável de concretizar. Proporciona aos professores e alunos a aplicação de recursos poderosos bem como a criação de materiais de qualidade superior aos convencionais (Freitas, 1992).

As TIC dever-se-ão integrar nas instituições educativas, nas atividades de ensino-aprendizagem, no planeamento e na realização de situações de ensino-aprendizagem e na prática pedagógica (Ponte, 2002).

Nesta integração das TIC, poderemos incluir a Robótica Educativa (RE) como uma ferramenta que permite levar para o terreno novas situações problemáticas para os alunos resolverem.

Belchior e colaboradores (1993) consideram os seguintes objetivos gerais das TIC na educação:

- Enriquecer e aprofundar a aprendizagem ao longo do currículo usando as TIC como sustentáculo ao trabalho de grupo, ao trabalho individual e ao reforço da aprendizagem de todos os alunos;
- Adquirir confiança e prazer no uso das TIC, familiarizando-se com as aplicações do dia-a-dia, sendo capazes de avaliar as potencialidades e as limitações das mesmas;
- Encorajar a flexibilidade e a abertura necessárias para tirar partido das mudanças tecnológicas e, ao mesmo tempo, alertar para as implicações/consequências éticas quer para o indivíduo quer para a sociedade;
- Criar nos alunos autonomia e responsabilidade pela sua própria aprendizagem e dar-lhes a oportunidade de decidirem da pertinência, ou não, da utilização das TIC na realização dos seus projetos;
- Apoiar os alunos com necessidades educativas especiais para que se tornem independentes e desenvolvam interesses e aptidões;

- Proporcionar aos alunos interessados o estudo da computação e de sistemas informáticos para a resolução de problemas.

Para o 1º ciclo consideram-se os seguintes objetivos específicos (Belchior et al, 1993):

- Comunicar ideias e informações através do processador de texto;
- Manusear informação pesquisando, selecionando, analisando e interpretando dados;
- Efetuar investigações matemáticas ou explorar representações de situações reais ou imaginárias baseadas no computador;
- Explorar as TIC tendo em vista o desenvolvimento de aspetos criativos e estéticos;
- Projetar, fazer, medir e controlar no ambiente físico, utilizando várias ferramentas, materiais, sensores, interruptores e computadores, na ciência, matemática, arte e estudos ambientais;
- Identificar algumas consequências das TIC na sociedade e nos indivíduos.

Todos sabemos que o resultado promovido pela utilização de computadores é um ambiente de colaboração entre alunos e entre alunos e professor. Ou seja, a aprendizagem centra-se em cada um e em interação com o professor. Então, se tentarmos adicionar mais um instrumento tecnológico ao anterior essa perspectiva metamorfosear-se-á ou conservar-se-á? Com a aplicação dos robôs como ferramenta educativa de grande estima por muitos, podemos verificar que esse ambiente de interações ocorre ainda mais afincadamente, há comunicação, partilha e interação mais positiva entre alunos e entre alunos e professores.

Os instrumentos educativos concebem concretizações positivas nas atitudes dos alunos em relação à aprendizagem e ao seu autoconceito. Sempre que são facultadas atividades com ferramentas tecnológicas, os alunos experimentam um maior êxito na escola, e ainda nutrem mais motivação para aprenderem, intensificando da mesma forma a autoconfiança e a sua autoestima perante os

estímulos tecnológicos e a aplicação dessas ferramentas. Estas ferramentas educativas põem o aluno na liderança da sua aprendizagem. Ele é o tutor da sua exclusiva aprendizagem.

A tecnologia possibilita que a aprendizagem do aluno se torne mais centrada em si, que seja mais cooperativa e estimulante na interação professor-alunos. Quando há competições os alunos ostentam mais atitudes de colaboração, de partilha, de diálogo e ajuda uns com os outros, para que juntos possam resolver determinadas tarefas, atividades, desafios e problemas.

Segundo John Cradler citado em (Fino, 2000) quando há uma adequação do conteúdo do currículo e das estratégias educacionais utilizadas a tecnologia pode:

- Melhorar o desempenho quando a interatividade é distinta;
- Facultar oportunidades acrescidas de interatividade com programas educativos;
- Ser mais eficiente quando as formas adotadas são múltiplas;
- Estimular atitudes de autoconfiança;
- Proporcionar oportunidades instrucionais de outra forma inexistentes;
- Aumentar as oportunidades de aprendizagem construídas pelo próprio aluno;
- Aumentar a colaboração entre alunos envolvidos em projetos;
- Proporcionar a aquisição de habilidades vocacionais e profissionais;
- Ajudar a preparar os alunos para o trabalho quando utilizada como ferramenta para a resolução de problemas;
- Melhorar significativamente as habilidades de resolução de problemas em alunos com “handicaps” de aprendizagem

Muitos de nós ainda veem a interação das crianças com as TIC como algo que causa apreensão e inquietação. Há ainda sentimentos de dúvida, apatia e temor por parte dos adultos relativamente às tecnologias, enquanto as crianças, os nativos digitais, se mostram coniventes na proeza de descobrir as tecnologias (Barra, 2004). A esta conivência Papert (1997) apelida de um apaixonado caso de amor entre crianças e computadores.

## 4.2 Materiais manipulativos na Educação Básica

Na nossa vida diária estamos constantemente em contacto com artefactos produzidos pelo Homem tais como lápis, livros ou brinquedos. Estamos, também, em constante contacto com artefactos robóticos que integram conhecimentos científicos e tecnológicos como sejam as máquinas de lavar roupa e loiça, as televisões, entre outros.

Para a concretização de aprendizagens significativas a criança deverá ter a possibilidade de experienciar atividades recorrendo aos materiais manipulativos, pelo facto de desenvolverem o pensamento lógico (Clements e Nastasi, citados por Amante, 2007).

O uso da Robótica na educação infantil segue uma tradição de uso de materiais educativos. Froebel desenvolveu um conjunto de materiais com o objetivo explícito de ensinar diversos conceitos (números, formas, etc.). Outros educadores (Maria Montessori) têm prosseguido esta tradição criando materiais manipulativos que envolvem as crianças na aprendizagem através da exploração lúdica de materiais (Brosterman, 1997).

Ao longo dos tempos, novos materiais foram propostos. As peças de construção deram lugar a peças que se encaixam, como é o caso das peças produzidas pela *Lego* desde 1949. A metamorfose destas peças de blocos apenas estruturais para peças com características tecnológicas foi o acontecimento subsequente (e.g. *Meccano, coleção Technic da Lego*) (Parkinson, 1999).

Estes kits incorporam alavancas, rodas dentadas, eixos, etc. Estas peças tornam-se extremamente atrativas para explorar conceitos matemáticos e físicos como equilíbrio, simetria ou relações espaciais. Nos nossos dias, o uso de materiais manipulativos é comum, citando como exemplos os *DigiBlocks, barras de Cuisenaire, blocos lógicos*, entre outros (Bers, 2008).

Como foi anteriormente referido, no final dos anos 60, Papert começou a experimentar adicionar a computação às máquinas em movimento (as famosas *tartarugas*), as crianças podiam ter controlo sobre o movimento mecânico. Assim, na tradição dos materiais manipulativos nasceram os kits robóticos, que têm

sofrido a evolução que já foi bem caracterizada no capítulo anterior, onde a junção da *Linguagem Logo* (e outras linguagens visuais de programação) com os brinquedos da *Lego* fazem surgir kits que dão a possibilidade às crianças de construir os seus protótipos e programas que proporcionam comportamentos aos objetos construídos.

### **4.3 Integração da Robótica Educativa nas áreas curriculares do Ensino Básico**

A robótica traz muitas e variadas vantagens para alunos e professores na integração curricular de diversas atividades (**Figura 17**). Os professores desenvolvem-se profissionalmente na medida em que constroem ligações curriculares e investigam novas estratégias de instrução e os alunos beneficiam de um currículo integrado que faz um uso significativo das competências académicas e dos materiais implicando que o potencial para abordar diferenças individuais é maior com um currículo integrado (D'Agustino, 2007).

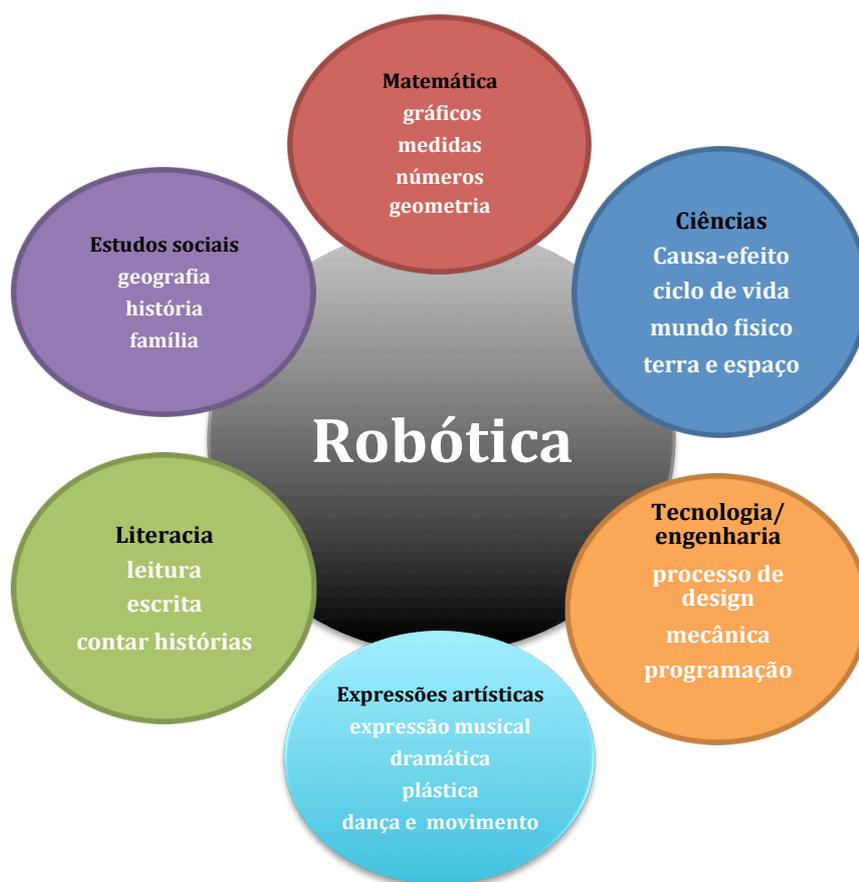


Figura 17 - Ilustração das áreas curriculares que se podem abordar com RE (adaptado de Bers, 2008)

A RE fornece um ambiente que promove o estabelecimento de ligações curriculares, dado que as expectativas dos alunos e professores em relação aos conteúdos curriculares são menos rígidas, o que resulta numa maior flexibilidade curricular. Por sua vez a robótica suscita grande interesse aos professores e investigadores como uma ferramenta extremamente valiosa para desenvolver destrezas cognitivas e sociais nos alunos desde tenra idade, ou seja, no jardim de infância até ao ensino universitário (Alimisis, 2013).

A robótica tem sido empregada ao longo do seu itinerário pedagógico como uma ferramenta para a aprendizagem dos mais distintos conteúdos bem como para a aquisição de prodigiosas competências. Dentro deste conjunto, salientam-se as áreas da informática, da física e da matemática como aquelas áreas que estão mais relacionadas com a Robótica (Odorico, 2005).

Quanto à *informática*, esta área é abordada de forma direta nas atividades de programação do robô. Para programar um dispositivo robótico é necessário um computador e um software específico. A robótica tem sido cada vez mais utilizada em contextos de aprendizagem de programação desde os níveis mais básicos até ao nível universitário. As tarefas e atividades que envolvem a robótica são desafios que constituem uma mina inextinguível de excelentes exercícios de programação e resolução de problemas mais análogos aos encontrados pelos programadores (Odorico, 2005).

Relativamente à *física*, são vários os conteúdos que poderão ser trabalhados com a robótica. Os robôs são, de facto, aparelhos eletrónicos cuja construção e funcionamento requerem frequentemente a manipulação de conceitos básicos ao nível da eletrónica da eletricidade e magnetismo. Todas as tarefas que os robôs desempenham estão constantemente relacionadas com movimento envolvendo inúmeros conceitos de mecânica (Odorico, 2005 e Teixeira, 2006).

Subjacente às áreas anteriores referidas está a *matemática*. A robótica é uma excelente ferramenta que possibilita transformar em concretos e profícuos muitos dos juízos matemáticos aos mais distintos níveis. Com a robótica poderão ser trabalhados conceitos de geometria, trigonometria, aritmética e o cálculo onde encontram nesta ferramenta um grande aliado e uma fonte de desafios a ser trabalhados e explorados. Em todas estas áreas referidas anteriormente, a robótica poderá possibilitar explorar atividades que contemplem a aprendizagem baseada na resolução de problemas (Odorico, 2005). Mas para além destas áreas relacionadas com a ciência e tecnologia, a robótica permite abordar outras áreas contempladas no currículo. Ao nível da *educação artística*, pelo facto de as atividades exigirem um planeamento e construção dos robôs, os alunos poderão desenvolver competências relacionadas com as áreas de expressão plástica e de educação visual. Poderão ser abordadas competências da área da educação musical e da dança, onde são desenvolvidas atividades com coreografias diversas (Ribeiro, 2006).

No 1º ciclo do Ensino Básico, esta ferramenta tem um grande potencial no desenvolvimento das áreas anteriormente referidas. É neste nível de escolaridade

onde se trabalham projetos multidisciplinares que se poderá utilizar a robótica para desenvolver variadíssimas atividades que contemplem as diversas áreas tornando o resultado final num projeto multidisciplinar onde os alunos poderão trabalhar conceitos de várias áreas disciplinares e desenvolver distintas competências. Desta forma, podemos dizer que ao nível de conteúdos e competências a robótica poderá ser utilizada neste nível de ensino nas áreas de matemática, estudo do meio e nas diversas expressões (plástica, musical e dramática). A estas poder-se-á aliar a língua materna, neste caso o português (Ribeiro, 2006).

Uma análise ao *Currículo Nacional do Ensino Básico (CNEB)* permite reconhecer um conjunto de domínios de aplicação, experiências de aprendizagem e contribuições a alcançar das distintas competências. A seguir cingimos a nossa análise mais detalhada às áreas de matemática, ciências - estudo do meio, escrita e educação tecnológica, ou seja aquelas que nos parecem de maior relevo para este trabalho.

#### **4.3.1 A robótica na sala de aulas de matemática**

A American Association for the Advancement of Science (1990) descreve a matemática da seguinte forma: “A matemática é a ciência dos padrões e das relações ... caracterizada como um processo de modelação na qual são realizadas abstrações e manipulações e as implicações são verificadas comparando-as com a situação original” (p.16). O destaque na aprendizagem da matemática no Ensino Básico não deverá permanecer na aquisição de saberes ou no domínio de regras ou técnicas, antes porém, na sua utilização para a resolução de problemas, o raciocínio e a comunicação. Esta concetualização da matemática captura os benefícios da Robótica Educativa, nomeadamente a resolução de problemas, pensamento quantitativo e a capacidade de reconhecer padrões e relações. Desta forma, a Robótica brinda-nos com um quadro completo de oportunidades.

Draper (2002) sublinha que os proponentes das reformas na área da matemática acreditam que “saber matemática é fazer matemática”. Como resultado, os reformadores têm pedido ambientes de aprendizagem que encorajam os alunos a agir e a pensar como matemáticos. Nas “novas” salas de aula, os alunos devem trabalhar em grupo de forma colaborativa, usam objetos manipulativos para modelar problemas e as suas soluções, trabalham em projetos que requerem que pensem nos problemas por um tempo superior aos tempos letivos e conseqüentemente constroem o seu próprio conhecimento matemático. Este tipo de atividades estão claramente ligadas à Robótica Educativa que proporciona todos estes aspetos.

A robótica permite aos alunos usar números, sistemas numéricos, formas equivalentes (números, palavras, objetos e gráficos) para representar situações teóricas e práticas Limkilde (2000), onde os alunos desenvolvem e aplicam competências de análise de dados, reconhecimento de padrões na solução de problemas, compreendem e aplicam conceitos básicos de álgebra, geometria, probabilidade e estatística para resolver problemas teóricos e práticos e, ainda, calculam, medem e estimam para resolver problemas teóricos e práticos. A Robótica Educativa mostra-se uma área bastante prometedora pois proporciona aos alunos a conversão dos conceitos abstratos para conceitos reais, proporcionando poderem desenvolver investigações e visualizar ideias matemáticas de múltiplas perspetivas (NCTM, 2000).

Não será ainda de negligenciar a resolução de problemas, configuração primordial do nosso trabalho. O uso de tecnologias e da Robótica Educativa em particular, promove a resolução de problemas pelo facto de facultar novas estratégias de resolução e por viabilizar a abordagem de problemas de maior complexidade e mais reais permitindo que os alunos se interessem fortemente por os resolver, estimulando o interesse dos alunos pela matemática e pela resolução de problemas (Matos, 1994; Ponte & Canavarro, 1997). As tecnologias proporcionam novas estratégias de resolução dos problemas e permitem que sejam abordados problemas mais complexos, reais e relevantes para que o aluno se sinta motivado para a sua resolução (Matos, 1994; Ponte & Canavarro, 1997). A

Robótica Educativa permite que os alunos possam fazer simulações de situações abstratas, sendo instigados a erigir, experimentar, conjecturar e validar os seus modelos (Fey, 1991).

Os alunos podem aprender mais matemática e de forma mais profunda utilizando de forma eficiente as tecnologias. As tecnologias admitem que os alunos concebam e testem conjecturas e resolvam problemas mais complexos, trabalhando, deste modo, níveis de disseminação, extrapolação e abstração mais elevados (NCTM, 2000). A tecnologia influencia o modo como a matemática é ensinada e aprendida.

Como o nosso trabalho reside essencialmente na utilização de robôs para trabalhar na sala de aula na resolução de problemas, podemos afirmar que esta ferramenta tecnológica permite novas abordagens de conteúdos curriculares e cria novas possibilidades metodológicas.

Seguidamente apresentam-se alguns aspetos no âmbito das competências nos múltiplos domínios da matemática para os quais a robótica pode consagrar a sua contribuição, focando-se esta análise no 1º ciclo do Ensino Básico e mais especificamente no 4º ano. Será realizada uma análise detalhada do currículo proposto e das contribuições que a Robótica Educativa poderá oferecer.

### ***Análise do currículo do Ensino Básico***

No 1º ciclo do Ensino Básico, os conteúdos encontram-se organizados por domínios dos quais se destacam:

- *Números e operações*: Desenvolver nos alunos o *sentido de número*, a *compreensão dos números* e das *operações* e a capacidade de *cálculo mental* e *escrito*, bem como a de utilizar estes conhecimentos e capacidades para resolver *problemas* em contextos diversos.
- *Geometria e Medida*: Desenvolver nos alunos o *sentido espacial*, com ênfase na visualização e na compreensão de propriedades de *figuras*

*geométricas* no plano e no espaço, a *noção de grandeza* e respectivos *processos de medida*, bem como a utilização destes conhecimentos e capacidades na *resolução de problemas* geométricos e de medida em contextos diversos.

- *Organização e Tratamento de Dados*: Desenvolver nos alunos a capacidade de *ler e interpretar dados* organizados na forma de *tabelas e gráficos*, assim como de os *recolher, organizar e representar* com o fim de *resolver problemas* em contextos variados relacionados com o seu quotidiano.
- *Álgebra e funções*: Desenvolver nos alunos a capacidade de *analisar relações numéricas*, explicitá-las em linguagem corrente e *representá-las simbolicamente*.

Na **Tabela 4** é apresentado um resumo de várias *competências específicas*, para cada um dos domínios anteriores, sendo a estas associadas um conjunto de tarefas típicas de projetos de Robótica Educativa que poderão trabalhar estas competências.

Números e Operações	Ambiente de Robótica Educativa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender números, formas de representar números, relações entre números e sistemas numéricos;</li> <li>• Compreender o significado das operações e como elas se relacionam entre si;</li> <li>• Calcular fluentemente e fazer estimativas razoáveis;</li> <li>• Raciocinar e comunicar em contextos numéricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer cálculos para a programação correta do robô;</li> <li>• Calculando tempos de deslocamento ou número de rotações;</li> <li>• Efetuar previsões sobre o comportamento de um programa;</li> <li>• Calculando distâncias percorridas, tempos de deslocamento ou velocidades médias do robô.</li> </ul>
Álgebra	Ambiente de Robótica Educativa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender padrões, relações e funções;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perceber a relação entre diversas variáveis envolvidas no movimento do robô:</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar e analisar situações matemáticas e estruturas usando símbolos algébricos;</li> <li>• Utilizar modelos matemáticos para representar e compreender relações qualitativas.</li> </ul>	<p>rotações, espaço percorrido, tempo de deslocamento;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar o robô em “rotações”, “segundos” e “graus” e verificar a distância percorrida e o tempo de deslocamento.</li> </ul>
<b>Geometria</b>	<b>Ambiente de Robótica Educativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrever, classificar e compreender as relações entre os tipos de objetos tridimensionais utilizando suas propriedades definidoras;</li> <li>• Identificar e interpretar relações espaciais;</li> <li>• compreender as grandezas comprimento, área, massa e tempo;</li> <li>• realizar estimativas e medições, e de relacionar diferentes unidades de medida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efetuar vários tipos de medição, por exemplo de tempos de deslocamento e espaço percorrido pelo robô;</li> <li>• Programar um robô para se deslocar de um ponto a outro (caminho segmentos ligados) ou para desenhar figuras geométricas;</li> <li>• Estimar variáveis relacionadas com o movimento do robô a partir de programas (por exemplo espaço percorrido).</li> </ul>
<b>Organização e tratamento de dados</b>	<b>Ambiente de Robótica Educativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explorar e interpretar dados organizados de diversas formas;</li> <li>• Desenvolver e avaliar inferências que se baseiam em dados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolha de dados de sensores e sua organização (e.g. em tabelas) e análise.</li> </ul>

**Tabela 4 - Competências específicas dos diversos domínios curriculares da matemática (esquerda) e tarefas da Robótica Educativa que trabalham essas competências (direita)**

Por outro lado, numa vertente distinta de análise as principais aptidões transversais a desenvolver nos alunos nesta área curricular passa pela *resolução de problemas*, o *raciocínio* e a *comunicação matemática*. No 1º ciclo, os alunos são confrontados com problemas de diversos tipos e por isso devem impreterivelmente aprimorar a sua capacidade de resolução de problemas. Por

consequente, geram, empregam e examinam distintas estratégias para resolver um problema. É propósito principal de ensino incrementar nos alunos as competências de resolução de problemas, de raciocínio e de comunicação matemáticos e de as utilizar na construção, consolidação e mobilização dos conhecimentos matemáticos.

Neste ciclo, os alunos deverão desenvolver a sua capacidade de:

- Resolver problemas em contextos matemáticos e não matemáticos, adaptando, concebendo e pondo em prática estratégias variadas e avaliando resultados;
- Raciocinar matematicamente, formulando e testando conjecturas, explicando processos e ideias e justificando resultados;
- Comunicar oralmente e por escrito, recorrendo à linguagem natural e à linguagem matemática, interpretando, expressando e discutindo resultados, processos e ideias matemáticas.

Tal como anteriormente, apresenta-se na **Tabela 5** um resumo de competências específicas no âmbito de cada uma destas aptidões transversais, providenciando-se exemplos de atividades de Robótica Educativa que trabalham neste âmbito.

<b>Resolução de problemas</b>	<b>Ambiente de Robótica Educativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver problemas que surgem na matemática e noutros contextos.</li> <li>• Aplicar e adaptar uma variedade de estratégias apropriadas para resolver problemas.</li> <li>• Monitorar e refletir sobre o processo de resolução de problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução de problemas através da medição, da verificação e da programação do robô e dos sensores.</li> <li>• Usar métodos de tentativa e erro para testar a funcionalidade do robô e dos programas.</li> <li>• Discussão em pares e grupos das melhores estratégias para a resolução de um problema.</li> </ul>
<b>Raciocínio</b>	<b>Ambiente de Robótica Educativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer e raciocinar com aspetos fundamentais da matemática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raciocínio abstrato necessário para modelar a resolução de um problema e aplicá-la na</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer e investigar conjecturas matemáticas.</li> <li>• Desenvolver e avaliar os argumentos e provas matemáticas.</li> <li>• Selecionar e usar vários tipos de raciocínio e métodos de prova.</li> </ul>	<p>linguagem de programação do robô.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Raciocínio experimental, a prova por meio de medidas e provas físicas.</li> <li>• Predição do comportamento dos robôs dado um programa por modelação e cálculos.</li> </ul>
<b>Comunicação</b>	<b>Ambiente de Robótica Educativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar e consolidar o seu pensamento matemático através de comunicações.</li> <li>• Comunicar o seu pensamento matemático de forma coerente e clara para os colegas, professores e outros.</li> <li>• Utilizar a linguagem matemática para expressar ideias matemáticas com precisão.</li> </ul>	<p>Cada projeto de Robótica Educativa inclui questões que exigem que o aluno:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflita sobre o que foi feito</li> <li>• Descreva pelas suas próprias palavras</li> <li>• Explique o raciocínio</li> <li>• Mostre os cálculos</li> <li>• Realize diários escritos, apresentações e demonstrações</li> </ul>

**Tabela 5 - Competências específicas dos diversos domínios curriculares da matemática (esquerda) e tarefas de RE que trabalham essas competências (direita)**

### ***Resolução de problemas***

A *resolução de problemas* ao longo dos últimos anos tem sido alvo de várias atenções por parte de muitos investigadores em educação e nomeadamente em matemática e será aqui enfatizado dada a sua relevância neste trabalho e a sua importância no âmbito da matemática, mas também de outras áreas curriculares.

Dado o leque abrangente em termos de educação, encontramos várias terminologias dadas a esta questão. Para Kantowski (1977) um indivíduo está perante um *problema* quando encontra uma questão à qual não consegue responder ou uma situação que não é capaz de resolver usando o conhecimento

imediatamente disponível. Tem que pensar num percurso de combinação da informação de que dispõe, no sentido de poder chegar à solução do problema. Fernandes (1988) refere que um problema não pode ser solucionado pela trivial utilização de uma ou mais operações aritméticas elementares; a sua resolução apenas pode ser descoberta através da aplicação de uma ou mais estratégias de resolução de problemas.

Para Mayer e Wittrock (1996) a resolução de problemas é um processo cognitivo direcionado para adquirir um desígnio, quando nenhuma metodologia de resolução é acessível para o resolvidor. Assim, de acordo com os autores, a resolução de problemas tem quatro características principais:

- *A resolução de problemas é cognitiva* – desponta dentro do sistema cognitivo do resolvidor e pode ser apreendida indiretamente através das deturpações de procedimento do resolvidor.
- *A resolução de problemas é um processo* – implica representar e manipular o conhecimento no sistema cognitivo do resolvidor.
- *A resolução de problemas é direcionada* – os pensamentos do resolvidor são motivados por objetivos.
- *A resolução de problemas é pessoal* – o conhecimento de um indivíduo e as capacidades de resolver problemas auxiliam a circunscrever a complexidade ou agilidade com que cada obstrução é transposta para chegar à solução.

Billstein, Libeskind & Lott (2007) consideram que para envolver os alunos em tarefas significativas, os problemas devem ser introduzidos num contexto familiar. A boa resolução de problemas ocorre quando os três itens que indicamos a seguir estão presentes:

- Os alunos estão perante uma situação que entendem mas não sabem como proceder para acerrar diretamente à resolução;
- Os alunos estão interessados em descobrir a solução e executam várias tentativas nesse sentido;

- Os alunos são solicitados a usar ideias matemáticas para resolver o problema.

Estes autores enfatizam os programas de matemática que demonstram que todos os alunos devem ser capazes de:

- Aplicar e adaptar estratégias apropriadas e variadas para resolver problemas;
- Construir novo conhecimento matemático através da resolução de problemas;
- Monitorizar e refletir no processo matemático de resolução de problemas.
- Resolver problemas que surgem na matemática e em outros contextos;

A resolução de problemas é um processo que implica, segundo Charles (1985) citado por Fernandes (1988), cinco fases:

1. *Compreender um problema;*
2. *Selecionar ou recolher os dados necessários para encontrar a solução;*
3. *Escolher e implementar uma ou mais estratégias de resolução;*
4. *Responder às questões colocadas pelo problema;*
5. *Avaliar se a resposta é razoável.*

Quando os alunos tropeçam em problemas no seu quotidiano escolar, tendem a atacar os mesmos com base nas suas experiências prévias. Um dos principais propósitos da resolução de problemas é os alunos se acostumarem com numerosas estratégias de resolução de problemas. Praticar várias estratégias permite que os alunos passem a usar as estratégias não só para resolver problemas matemáticos mas também problemas do seu quotidiano (Posamentier & Krulik, 1998).

A robótica poderá ser vista como um meio ou como um fim em si mesma. Se a julgarmos como um meio, significa que pode servir para resolver problemas significativos que se colocam aos alunos. Os alunos ao programarem os seus robôs

são obrigados a verificar se os programas funcionam e quais as soluções possíveis encontradas para resolver o problema. Desta forma, os alunos estão a desenvolver capacidades de avaliação e de controlo dos seus processos cognitivos.

O NCTM (1991) refere que a simulação das ideias matemáticas com o auxílio da tecnologia poderá contribuir para que as crianças identifiquem aspetos cruciais da matemática. As linguagens de programação permitem aos alunos conceber programas que possam resolver problemas de vários domínios. A *Linguagem Logo* de Papert é indigitada como exemplo de um programa que tem um número restrito de instruções mas que possibilita criar programas que solucionam muito satisfatoriamente problemas de grande complexidade (Ponte, 1991).

Papert considera que o contacto com a *linguagem computacional* permite à criança atingir níveis de conhecimento complexos de uma forma natural “A metáfora do computador como uma entidade que fala uma linguagem matemática coloca o aprendiz numa nova qualidade de relacionamento com um importante domínio do conhecimento” (Papert, 1998, Pág. 35, 36).

A tecnologia, neste caso o computador e o robô, permite transpor a barreira do pensamento concreto para o abstrato. A tecnologia é uma ferramenta poderosa para que as crianças atinjam um nível de pensamento abstrato (Papert, 1998).

#### **4.3.2 A robótica na sala de aula de Ciências**

As ligações entre a ciência, a literacia e a Robótica são evidentes: integração tecnológica, recolção de dados, geração de relatórios, experimentação, etc. A Robótica, ao contrário de outras metodologias tradicionais, não discute nem descreve a ciência e as competências científicas, mas antes envolve os alunos ativamente nas atividades científicas, (re)conceitualizando as ciências como uma atividade. Através da Robótica, os alunos fazem ciência em vez de estudarem ciência. A Robótica permite aos alunos construir o seu próprio conhecimento e altera o papel dos professores. Numa atividade de Robótica, o professor apresenta oportunidades para os alunos resolverem problemas técnicos através de métodos

científicos. Os alunos desenvolvem os princípios científicos de diversos fenómenos que se relacionam com o mundo real. Por sua vez desenvolvem conhecimentos de conceitos básicos de física, química e biologia (Hamm & Adams, 1998).

Limkilde (2000) refere que na Robótica:

- Os alunos utilizam e dominam materiais, ferramentas e tecnologias importantes que são aplicadas à vida económica e social;
- Os alunos explicam as relações entre a ciência, tecnologia e sociedade;
- Os alunos desenvolvem os princípios científicos de diversos fenómenos que se relacionam com o mundo real;
- Os alunos desenvolvem e aplicam competências de observação, recolha e análise de dados;
- Os alunos desenvolvem conhecimentos de conceitos básicos de física, química, biologia;
- Os alunos constroem e avaliam sistemas científicos e tecnológicos usando modelos para explicar e propor resultados.

#### **4.3.3 Educação tecnológica**

A Educação Tecnológica deverá concretizar-se através do desenvolvimento e aquisição de competências numa prossecução de aprendizagens ao longo do Ensino Básico, que deverão incorporar conhecimentos análogos a outras áreas e fomentar a mobilização e aplicação de saberes na abordagem de novas situações.

Desta forma, a Robótica emerge como um instrumento que desenvolve práticas de aprendizagem que realçam este procedimento de transferência e de aplicação de saberes multidisciplinares, operacionalizando os conhecimentos em circunstâncias reais, impondo respostas funcionais e gerando conjunturas nas quais é preciso tomar decisões e resolver problemas (Ribeiro, 2006).

A robótica pode oferecer um contíguo de atividades em educação tecnológica ao nível da observação, da pesquisa, da resolução de problemas, da experimentação, do design e da produção.

A colaboração da robótica nesta área comprova-se nas três essências estruturantes da educação tecnológica no Ensino Básico, em diversas competências:

- *Tecnologia e Sociedade*
  - Compreender que a natureza e evolução da tecnologia resultam do processo histórico (e.g. sessões que “contem” a história dos robôs e da robótica);
  - Apresentar propostas tecnológicas para a resolução de problemas sociais comunitários.
- *Processo Tecnológico*
  - Aptidão para analisar e descrever o princípio de funcionamento dos objetos técnicos (e.g. robôs e seus componentes) relativamente às suas funções;
  - Aptidão para realizar artefactos ou sistemas técnicos com base num plano apropriado que identifique as ações e recursos necessários;
  - Predispor-se a imaginar e conceber modificações em sistemas para que estes funcionem melhor;
  - Recorrer ao uso da tecnologia informática para planificação e apresentação dos projetos de Robótica Educativa.
- *Conceitos, princípios e operadores tecnológicos*
  - Construir estruturas simples, respondendo a especificações e necessidades concretas;
  - Aptidão para verificar que não existe movimento sem estrutura;
  - Aptidão para identificar as partes fixas e móveis de um sistema técnico;
  - Reconhecer alguns mecanismos elementares que transformam ou transmitem movimento;
  - Conhecer e identificar diferentes formas de energia;

- Valorizar o uso das energias alternativas;
- Compreender que os sistemas técnicos podem atuar como recetores e emissores de informação, nomeadamente no comando e regulação do seu funcionamento (e.g. programação de robôs);
- Reconhecer que a informática facilita e flexibiliza o comando e regulação dos sistemas técnicos;
- Comparar e escolher materiais mediante as suas características e aplicações técnicas;
- Estabelecer um plano racional de trabalho que relacione as operações a realizar e os meios disponíveis (e.g. no design/construção dos robôs);
- A predisposição para reconhecer que todos os sistemas técnicos podem falhar ou não funcionar como o previsto devido a falhas das suas partes.

#### **4.3.4 Escrita**

Yore et al (1997) notam que a instrução explícita em estratégias de escrita e leitura devem ser parte de um programa científico. De facto, não basta que os alunos se envolvam em atividades científicas mas é necessário que comuniquem e pensem como cientistas. Os mesmos autores descrevem como se exercita a escrita científica.

Tchudi e Huerta (1983) descrevem os seguintes princípios da escrita nas aulas de ciências:

- O conteúdo da ciência deve estar no centro do processo de escrita;
- Os alunos precisam de ajuda na estruturação e síntese dos seus conhecimentos;
- Os alunos precisam de um público que pode fornecer apoio crítico;
- Os alunos devem usar o processo de escrita, incluindo pré escrita, pesquisa e planeamento estratégico;

- Os professores precisam de prestar apoio, orientação e instruções claras;
- Os professores devem incentivar os processos de revisão e elaboração;
- Os professores devem estar preparados para esclarecer e considerar as questões mecânicas.

A Robótica Educativa promove oportunidades para que os alunos se envolvam em formas mais autênticas de escrita. De facto, as atividades de Robótica Educativa podem ser frequentemente complementadas por reflexões escritas sobre o trabalho realizado. Escrever sobre os vários processos de raciocínio envolvidos nos processos de Robótica Educativa, como sejam o planeamento, a construção de robôs, a atribuição de tarefas e a avaliação crítica do desempenho dos robôs nas tarefas, resultam inevitavelmente no facto dos alunos exibirem pensamento crítico e envolvimento em processos metacognitivos.

Uma forma de incorporar a escrita na Robótica Educativa passa pelo uso de diários que revelam a descrição pessoal das atividades por parte dos seus participantes. Os diários educativos apresentam as seguintes vantagens:

- São considerados como uma ferramenta que promove competências de aprendizagem que se mantêm ao longo da vida (Walden, 1998);
- Apresentam-se como uma ferramenta de comunicar a importância da escrita (Yinger, 1985);
- São considerados como uma forma de envolver alunos ativamente na aprendizagem (Connor-Greene, 2000);
- Os diários tornam os alunos mais conscientes do que aprendem e de como aprendem (Voss, 1998).

#### **4.4 Estudos sobre a Integração Curricular da Robótica Educativa**

Estamos perante uma sociedade dominada pelo avanço tecnológico. Assim, dadas as características dessa evolução cabe à escola e aos professores estarem

minimamente preparados e atentos às mudanças tecnológicas que ocorrem para que, deste modo, possam integrá-las nos programas disciplinares para que seja exequível desenvolver projetos múltiplos com o uso destas novas ferramentas.

Apesar de até há bem pouco tempo se considerar que a escola ainda estava um século atrasada relativamente a este tema tecnológico, pois vigorava ainda o quadro preto e o giz, hoje já não podemos afirmar isso. Tem havido nos últimos tempos um trabalho para que haja uma integração das tecnologias na escola e nos currículos. Assim, tem sido feito algo bastante significativo para que se passasse desta fase de obscuridade tecnológica para uma fase mais marcada pelas tecnologias, com a penetração dos computadores nas escolas para todos os alunos, como foram exemplos recentes os programas E-escola e Magalhães, a introdução de quadros eletrónicos interativos, entre outras.

Relativamente à robótica, apesar de ainda não ser uma ferramenta institucionalizada em termos curriculares, já são bastantes as escolas que fazem uso desta ferramenta para desenvolverem projetos científicos deveras interessantes. A nível nacional já discutimos vários eventos que fomentam o uso desta tecnologia em diversos projetos pedagógicos permitindo aos melhores ganharem prémios e participarem em eventos internacionais.

O nosso país apesar de parecer/ser um país com alguns atrasos significativos relativamente a muitos países europeus, no que diz respeito a esta área está em alguns aspetos ao nível dos melhores. São muitas as equipas que têm trazido diversos prémios com a realização de projetos tecnologicamente avançados (Escolas de Amares e Vieira do Minho) (<http://correiodominho.com/noticias.php?id=32750>).

Perante os diversos projetos encontrados, podemos salientar que esta ferramenta tem um potencial educativo enorme ao envolver as diversas áreas curriculares e diversos temas, podendo ser usada nos diversos níveis etários, desde o pré-escolar até ao ensino superior.

Nesta secção, far-se-á uma breve retrospectiva de alguns estudos realizados recorrendo ao uso da Robótica Educativa como ferramenta potenciadora de projetos tecnologicamente avançados quer a nível nacional e internacional,

tentando privilegiar-se os casos em que os estudos permitiram uma avaliação com interesse das potencialidades pedagógicas da Robótica Educativa no Ensino Básico, quer cobrindo estudos de índole qualitativa, quer cobrindo estudos de índole quantitativa.

Optou-se por se dividir esta análise em três grupos: (i) estudos/projetos de Robótica Educativa a nível internacional; (ii) estudos/projetos de Robótica Educativa a nível nacional; (iii) estudos/projetos de integração curricular de Robótica Educativa focando primariamente a área da matemática. Em ambos os casos, os estudos selecionados são referidos por ordem cronológica de forma a se poder ficar com uma melhor ideia do enquadramento e evolução das diversas propostas.

#### **4.4.1 Projetos de Robótica Educativa de âmbito Internacional**

Bers e Urrea (2000) referem que as experiências inovadoras de aprendizagem não podem ser avaliadas com técnicas tradicionais. Assim, neste estudo foi usada uma metodologia qualitativa que incluiu entrevistas com os participantes e observações sobre as suas relações, uso da tecnologia e formas de abordar os problemas. Foram, ainda, usados os diários escritos pelos participantes ao longo da sessão, bem como foi filmada toda a experiência e organizada uma exposição aberta à comunidade. Esta experiência muito interessante, narrando um workshop desenvolvido por investigadores do *MIT Media Lab* e que aconteceu na Argentina em Setembro de 1998, onde crianças (dos níveis de escolaridade dos 4º e 5º anos), auxiliadas pelos respetivos pais, passaram 10 dias completos desenvolvendo projetos usando kits de robótica *Lego Mindstorms*. Neste caso, cada grupo elegia um projeto, selecionando os materiais requeridos, fazendo a estrutura e a programação do robô e concebendo uma história de forma a expor o seu projeto aos restantes elementos. Tanto os pais como os alunos foram mergulhados nesta atmosfera, laborando uma média de 8 horas por dia no projeto, 5 dias por semana, tendo assim bastante tempo para incrementar os projetos e executar

todas as suas ideias. Cada equipa escrevia um diário sobre a sua experiência que era mantido numa página Web.

Lund e Pagliarini (1999, 2000) têm estudado a questão das diferenças relativas aos sexos. Desenvolveram um estudo comparativo entre sexos, concluindo que existem diferenças na abordagem da robótica por parte dos alunos de diferentes sexos. No entanto, todos eles poderão tirar benefícios da ferramenta com a criação de projetos diversos que toque a sensibilidade de cada um. Eles observaram que os rapazes se empenham nas guerras de robôs e no futebol, mas as raparigas não. Eles concluem que as raparigas não são adversas à Robótica mas que se aproximam do tema de forma distinta. Eles desenvolveram novas atividades mais criativas como as competições de dança robótica e observaram que as raparigas gostam de fazer roupas para os robôs, desfiles de robôs, criar coreografias.

Bers et al (2002) relatam um estudo efetuado com professores ainda em formação que desenvolveram um conjunto de atividades com alunos desde o ensino pré-escolar até ao 2º ano do ensino básico. Este trabalho teve como propósito trabalhar os aspetos técnicos da Robótica Educativa com um conjunto de experiências práticas, mas também que estes assimilassem melhor o alcance do trabalho com um ambiente construcionista. Em termos técnicos, o trabalho teve como base a utilização da plataforma *Lego Mindstorms*. Alguns exemplos dos projetos desenvolvidos na sala de aula compreendem a exploração do conceito de metamorfose com robôs que se transformavam de larvas em borboletas (para alunos de 3 anos), o conceito de equilíbrio através da construção de guias (para alunos de 4 anos), a noção de ciclo de vida com o exemplo dos girinos e das rãs (para alunos de 5 anos) e finalmente um projeto de construção e programação de um robô capaz de proteger as sementes de uma planta (para alunos dos 1º e 2º anos).

Num outro estudo onde a questão geradora era “Qual o melhor ambiente para ensinar robótica usando o *Lego Mindstorms?*”, Hirst et al (2002) defendem que não há só um ambiente de programação satisfatório para todos os públicos-

alvo, a robótica educativa deverá ser encarada como o próprio objeto de estudo ou como uma forma de motivar outras aprendizagens.

O projeto de Steffen (2002) pretendeu estudar a aplicação da robótica em ambientes de aprendizagem curricular e extracurricular com o objetivo de desenvolver os processos cognitivos dos sujeitos da ação. Emergiu desta investigação a proposta de inclusão da Robótica Educativa na espiral curricular das escolas como alternativa de interação entre os conhecimentos e os projetos de vida

Chella (2002) desenvolveu um projeto de *Ambiente de Robótica Educacional* (ARE) com LOGO para professores do ensino fundamental. Os alunos trabalharam em projetos relacionados com conteúdos das disciplinas que lecionavam: matemática, história, geografia, etc. Alguns deles propiciaram a exploração de conceitos de física e matemática. A aplicação do *Ambiente de Robótica Educacional* com os alunos-professores demonstrou a possibilidade de trabalhar concretamente e de forma contextualizada os diversos conceitos utilizados nas práticas da sala de aula.

Colorado (2003) realizou um trabalho de investigação sobre ambientes de aprendizagem com robótica pedagógica, prevendo três níveis estratégicos diferentes: criação e desenvolvimento de clubes de robótica; inserção da robótica na área da tecnologia e informática; e o desenvolvimento de uma experiência específica na área da matemática. A autora refere que o principal aspeto a destacar relaciona-se com as evidentes dificuldades que os professores encontraram para expressar conhecimentos teóricos através de aplicações práticas e concretas. A investigadora concluiu que o estudo permitiu constatar que o uso da robótica desafia os docentes a repensar os seus modelos pedagógicos, favorece a integração de conhecimentos e ajuda a desmistificar o uso de tecnologias de ponta como recurso de ensino-aprendizagem.

Neste mesmo sentido, é de exaltar o trabalho de Hacker (2003) que desenvolveu um workshop em regime extracurricular com a duração de 11 semanas (2 horas de sessão por semana), com a participação de crianças em níveis escolares entre o 3º e o 6º ano, com o objetivo de promover os conhecimentos de ciência e engenharia. Durante este tempo e após uma primeira fase onde

aprendiam os conceitos básicos, os alunos podiam desenvolver os seus próprios projetos de robótica, que envolviam a construção de robôs e a sua programação e, ainda, uma apresentação final do projeto aos pais e à comunidade. A investigadora usou dois questionários, um no início da atividade e um outro no final de forma a poder comparar atitudes em relação à tecnologia. As restantes ferramentas de avaliação são bastante semelhantes às anteriores, envolvendo também observações, filmes/vídeos e diários dos participantes.

Um estudo realizado por Abbatinozzi & Adamec (2003) teve como objetivo integrar a robótica nos currículos de Física. Os autores levaram a cabo o projeto com o desenvolvimento de atividades em que abordavam conceitos/temas de física auxiliados pelos Kits da *Legó*.

Num estudo levado a cabo por Petre e Price (2004), os autores concluíram que os alunos se sentiram motivados e estimulados pela robótica, que esta lhes terá despertado bastante interesse e os terá levado a aprender programação e os princípios básicos de engenharia de uma forma inconsciente. Os autores referem ainda que estas crianças aprenderam conceitos, princípios e elementos de programação e engenharia que eram considerados, previamente por elas, difíceis e de natureza complexa. A robótica, uma tecnologia que permite uma aprendizagem baseada na resolução de problemas auxiliando o aluno a adquirir os princípios que a ela dizem respeito.

O projeto desenvolvido por Zilli (2004) realizado nas escolas de Ensino Fundamental de 5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries de Curitiba que utilizam a Robótica Educacional como recurso, pretendeu mostrar que os alunos desenvolveram habilidades e competências como o trabalho de pesquisa, a capacidade crítica, a capacidade de saber contornar as dificuldades na resolução de problemas e o desenvolvimento do raciocínio lógico. No mesmo país e no mesmo ano, Abreu (2004) criou um projeto que tem como objetivo desenvolver material didático tátil de baixo custo que visa a inclusão de portadores de necessidades educativas.

Gupta, Muhammad & Prashad (2005) realizaram um estudo com 13 alunos com idades entre os 7 e 13 anos a quem aplicaram um teste diagnóstico para evidenciar o nível de conhecimentos. Para isso foi elaborado um guia de trabalho

para cada sessão para que os alunos aprendessem novos conceitos. Como resultado os alunos referiram que a informática é uma ciência divertida e de muito interesse.

Nos EUA vários projetos foram desenvolvidos para criar e desenvolver estratégias de trabalho com Robótica Educativa nas escolas. Um dos projetos desenvolvidos na escola primária por Goldman, Azhar, Sklar (2006) foi a utilização do *AIBO* como material didático. A utilização deste robô com múltiplos sensores e atuadores permitiu ensinar fundamentos de programação às crianças da escola primária. Este trabalho teve como objetivo poder implementar o programa *Robolab* como sistema de programação para o robô *AIBO* da *Sony* e implementá-lo como estratégia de ensino-aprendizagem em escolas primárias. O *AIBO* é um robô que conta com uma tecnologia bastante complexa, múltiplos sensores de luz, tato, infravermelhos, aceleração, vibração, áudio e altifalante. Este brinquedo considerado um dos mais sofisticados é capaz de reconhecer os gestos e atitudes corpóreas do seu dono mostrando-se sensível às carícias, apresenta uma enorme capacidade de movimentos, equilíbrio e flexibilidade.

Ponce (2006) tinha como objetivos ao trabalhar com Robótica Educativa desenvolver o raciocínio lógico, a criatividade, a autonomia na aprendizagem, a compreensão de alguns conceitos de física e o conviver em grupo, num ambiente que reúne tecnologia e trabalho manual.

Barak & Zadok (2007) tinham como objetivo estudar a aprendizagem e resolução de problemas entre alunos utilizando projetos com o Kit de robótica *Legó Mindstorms* que se baseou em 3 questões:

- Como é que os alunos chegam a encontrar soluções imaginárias para os problemas no contexto das atividades de robótica?
- Que tipo de conhecimentos motiva os alunos para trabalhar com projetos de robótica?
- Como é que os alunos exploram conceitos de ciência, tecnologia, resolução de problemas e trabalho de grupo?

Este estudo desenvolveu-se com alunos de 7<sup>o</sup> e 8<sup>o</sup> anos durante 2 anos (117 alunos entre os quais 67 eram mulheres.) Concluíram que este tipo de trabalho

desenvolve muitas habilidades cognitivas nos alunos. A metodologia construtivista incentiva à criatividade e facilita a realização de processos cognitivos complexos. Também serve como estratégia para desenvolver boas relações sociais e o trabalho colaborativo e de grupo. Neste tipo de projetos, os alunos revelam mais interesse pelo processo de construção, utilizam muito mais a sua imaginação na hora da resolução de problemas.

Gonçalves (2007) utiliza a *placa GoGo* como alternativa ao *LEGO* pelo facto deste ter um custo elevado tornando a sua utilização restrita a poucas escolas e poucos alunos. A *placa GoGo* é um dispositivo eletrónico programável que tem projeto e código abertos e baixo custo dos elementos o que viabiliza a construção pelo próprio utilizador. No seu trabalho, o investigador comprovou ser executável incrementar projetos na área da robótica educativa de baixo custo e de acessível implementação, logo alcançável à realidade das escolas.

Franken (2007) documenta um projeto onde uma mãe que trabalha na área da educação avaliou a Robótica Educativa pelas duas perspetivas e pôde confirmar que a Robótica Educativa pôde oferecer inúmeras oportunidades quer aos alunos, quer aos educadores e pais. Esta autora envolveu alunos numa competição da *FIRST*. Com a sua experiência ela considera a Robótica Educativa como um campo multidisciplinar que tem a matemática e as ciências no seu núcleo, contribuindo, também, para estimular as competências de escrita, leitura, apresentação e trabalho colaborativo. Dado que os problemas envolvidos são raramente de carácter simples os alunos necessitam de trabalhar o pensamento criativo e as competências na resolução de problemas. A autora considera a Robótica Educativa acima de tudo uma atividade divertida devendo os educadores encorajar as crianças a participar em projetos de Robótica Educativa pois aprendem melhor quando estão envolvidos e motivados nas atividades de aprendizagem. A autora considera que a participação dos pais é importante a vários níveis: angariando patrocínios, transportes, alimentos ou mesmo participando de forma ativa nas atividades de Robótica. Além disso, estas atividades permitem oportunidades para os pais se ligarem mais aos seus filhos de forma ativa, participando nas suas atividades.

No estudo realizado por Carberry & Hynes (2007), estes utilizaram como tema de projeto a robótica submarina utilizando a *LEGO* para analisar e redesenhar as fases do processo de concepção de engenharia. Este estudo foi realizado com alunos do sexo masculino de um acampamento de verão da Universidade de Tufts. Neste estudo, a robótica submarina utilizando *LEGO* foi empregada para analisar os testes de avaliação e redesenhar as fases do processo de concepção de engenharia. Um grupo de todos os participantes do sexo masculino de um acampamento de verão da Universidade Tufts, na faixa etária 10-13 foram instruídos à primeira construção de um barco, em seguida, modificaram o seu barco para se tornar um submersível. A atividade exigida dos alunos para testar suas criações numa pequena piscina de distância da área de construção, a fim de reforçar o caráter repetitivo dos ensaios e novo design. O estudo fornece um exemplo de como a robótica submarina pode ser utilizada para integrar o processo de concepção de engenharia relacionada com temas de ciência em sala de aula.

No estudo de Barros (2008) propõe-se a utilização de robôs para apoiar a *aprendizagem colaborativa* de pequenos grupos. Assim, foi criado um software - *RoboEduc* - para ser implementado de modo que pudesse ensinar conceitos de robótica e programação de uma forma mais atraente e inovadora. Para a sua implementação realizaram-se oficinas de robótica com as crianças do ensino fundamental. Os resultados mostram que este sistema é eficiente no processo ensino-aprendizagem dos conceitos robóticos.

Castro (2008), por sua vez, focou-se na inclusão digital. Este projeto propõe um software educativo para o ensino da robótica de forma a tratar conceitos de aprendizagem colaborativa e de robótica educativa para as crianças de 4º e 5º anos excluídas digitalmente. Nesta perspectiva foi criada uma metodologia de trabalho onde eram abordados conceitos tecnológicos (informática e robótica) até às disciplinas como português, matemática, geografia e história.

O estudo realizado por Schons et al (2004) foi aplicado numa instituição escolar utilizando os kits da *Lego Dacta* para aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem na disciplina de língua espanhola, tendo em vista desenvolver um

trabalho fomentador da socialização e, ao mesmo tempo, que seja inovador na construção de um pensamento lógico.

O estudo desenvolvido por César (2009) salienta uma *Oficina de Robótica Pedagógica Livre*, utilizada como proposta metodológica de ensino e aprendizagem. Nesta experiência, os sujeitos envolvidos construíram kits básicos de robótica pedagógica livres (interface de hardware livre e sistemas e aplicativos em software livre) e um artefacto robótico (pisca-pisca de árvore de natal). Com este estudo pretendia-se compreender o processo de (re)construção de conceitos científico-tecnológicos a partir do desenvolvimento de artefactos robóticos

Eliasz (2009) no seu trabalho desenvolvido durante 10 horas, pretendeu explorar estratégias para o ensino da robótica não só como tema propriamente mas também usando a robótica no ambiente de ensino como oportunidade de estimular o pensamento criativo e gerar um interesse pela ciência e tecnologia como atividades criativas. Nesta investigação concluiu-se que o uso eficaz da robótica requer que os professores se sintam confiantes em usar e adaptar as novas tecnologias nas suas aulas. O plano de estudos nacional britânico é um exemplo de uso do ensino através da robótica e inclui também o desenvolvimento da criatividade e do pensamento crítico, o uso artísticos e técnicos da robótica, havendo potencialmente muitas oportunidades para que a robótica seja incluída no currículo.

O trabalho de investigação de Silva (2009) propõe uma metodologia para o ensino de robótica no ensino fundamental baseada na teoria sócio-histórica de *Lev Vygotsky*. Esta investigação foi realizada com crianças entre os 8 e os 10 anos de idade que tinham que construir e programar robôs. As crianças à medida que iam executando estas tarefas desenvolviam os seus espaços de aprendizagem, que levavam à construção de conceitos científicos, ao desenvolvimento de habilidades e competências importantes para que ocorressem interações sociais e culturais entre os sujeitos de um grupo. Neste estudo foi possível analisar o robô como um elemento mediador do processo de ensino-aprendizagem e os contributos valiosos que esta ferramenta pode trazer para alunos deste nível de ensino.

Liu & Lin (2010) realizaram um estudo onde o objetivo era desenhar um

curso de *robótica cooperativa* em Taiwan. As conclusões referem quatro condições para que haja aprendizagem: *atenção, relevância, confiança, satisfação*. Este trabalho teve como objetivo incentivar o *trabalho cooperativo* ao acreditar que as atividades de robótica permitem que os alunos cooperem uns com os outros no desenho do robô e na procura de soluções de problemas partilhando opiniões. O curso teve 18 semanas com 2 aulas de 50 minutos por semana, incluindo uma fase de introdução do curso de robótica, unidades de desenho, construção, programação e teste dos robôs. Depois da 12<sup>a</sup> aula utilizaram programas de animação para completar o trabalho e a partir da 15<sup>a</sup> aula desenharam os robôs de forma criativa. Este artigo refere a satisfação e eficácia de um curso cooperativo que tem como objetivo desenhar um curso de robótica cooperativa. Cabral (2010) na sua investigação tinha como objetivo investigar as *estratégias cognitivas de resolução de problemas em Robótica Educativa* utilizando o *kit Lego Mindstorms® e a programação RoboLab®*. O estudo baseou-se no estudo de caso de 6 sujeitos do ensino básico que resolveram individualmente um problema de Robótica Educativa. A apreciação feita aos intervenientes em posição de resolução de problemas com abordagem nas microgêneses cognitivas proporcionou observar como advém a elaboração dos estratagemas 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 estágio operatório concreto. Nos seus resultados finais destaca que a análise microgenética traz o seu contributo para refletir a macrogênese cognitiva e, ainda, refere as contribuições que estas podem trazer para o ensino da Robótica Educativa e ensino em geral virado para a resolução de problemas e construção do conhecimento.

Lima Sá (2011) na sua investigação utilizou ambientes de aprendizagem que combinam materiais de sucata (lixo eletrónico) ou kits de montagem compostos por motores, sensores, peças de montagem e um módulo de controlo programável via computador. O seu trabalho sugere o elaboração de uma plataforma robótica de baixo custo virada para aplicações em robótica educativa onde a simplicidade de construção e programação proporcionam o uso do modelo

por faixas de alunos desde o ensino básico.

D'Abreu, Ramos, Mirisola & Bernardi (2012) na sua investigação abordaram a Robótica Educativa sob a ótica de desenvolvimento de atividades, na sala aula, utilizando computadores e material alternativo de baixo custo. Assim utilizaram a robótica Educativa em situações especiais de aprendizagem envolvendo pessoas com deficiência visual para as quais os dispositivos robóticos específicos podem ser implementados com vista a propiciar autonomia a essas pessoas.

Pinilla (2015) no seu projeto de investigação pretendeu desenvolver uma proposta pedagógica utilizando a robótica educativa como ferramenta didática e tecnológica para fortalecer a competência de criatividade. Foram alvo do estudo 15 alunos do clube de ciência e tecnologia da instituição.

#### **4.4.2 Projetos de Robótica Educativa de âmbito Nacional**

Diversos, têm sido já, os projetos desenvolvidos com o uso desta ferramenta a nível nacional, embora ainda relativamente poucos os que chegam até nós como estudos com resultados minimamente validados e consistentes. De facto, tipicamente vão sendo criados clubes de robótica onde se desenvolvem projetos robóticos de alto interesse pedagógico e científico que muitas das vezes são alvo de prémios nacionais e internacionais, no entanto não há dados registados e validados dos resultados pedagógicos obtidos. Iremos em seguida listar algumas das contribuições mais importantes neste cenário.

Entre 2004 e 2005, foram realizados dois estudos com alunos entre os 10 e 18 anos em contexto curricular, nomeadamente na criação de Clubes de Robótica, em que os alunos puderam construir e programar os seus robôs com o objetivo de realizar diversas tarefas em diversos contextos, tais como na participação de missões (*First Lego League*) onde participavam em modalidades distintas (*dança, futebol robótico, busca e salvamento*). Depois de realizados estes projetos os alunos puderam participar em concursos nacionais e internacionais. Os autores destes

projetos salientam como resultados finais o facto de os alunos aumentarem a sua autoconfiança relativamente à escola e às diversas áreas disciplinares e responsabilidade perante o seu trabalho. Como síntese, os autores referem que os alunos mostraram uma excelente postura perante a ciência e a tecnologia (Costa & Fernandes, 2004 e 2005).

Morgado (2005) baseou-se em experiências e observações de 150 crianças de 3 e 4 anos a programar computadores, utilizando uma linguagem de programação animada: *Toon Talk*. Apresenta os resultados da investigação sob diversas formas: exemplos de atividades para integração de conceitos específicos da informática em contextos de educação pré-escolar; uma análise das dificuldades enfrentadas pelas crianças desta faixa etária no processo de programação e sugestões quanto a abordagens que apoiem a ultrapassagem dessas dificuldades; uma análise das dificuldades enfrentadas pelos educadores no processo de uso da programação; e por fim, um enquadramento da integração de atividades de programação de computadores em contextos de educação pré-escolar, que visa servir de apoio aos educadores de infância e outros profissionais de educação que pretendam utilizar este recurso.

Teixeira (2006) refere que a robótica pode ser encarada como uma ferramenta pedagógica, nomeadamente no Ensino Secundário, no desenvolvimento de projetos de robótica no âmbito da *área de projeto*, a implementar no 12º ano. Considera-a um excelente veículo, possibilitando a abordagem de problemas com uma forte presença da física e outras ciências. Nesta investigação os alunos tiveram que incrementar um sistema que fosse capaz de detetar e localizar automaticamente uma fonte de radiação infravermelha, utilizando o kit *Lego Mindstorms*. Neste trabalho foi possível verificar que os alunos mostraram curiosidade pelo projeto e que interligaram a física e a resolução de problemas a esta tecnologia.

Em 2006, um estudo qualitativo foi realizado pela autora (Ribeiro, 2006) que aborda o desenvolvimento de um projeto de Robótica, envolvendo a construção e a programação de robôs *Lego Mindstorms* com vista à dramatização da popular história “A Carochinha”, por alunos do 1º ciclo do Ensino Básico – 6 a 9

anos de idade. Este estudo visou colmatar a lacuna que existia, até então, de estudos robóticos, envolvendo kits *Lego Mindstorms*, no 1º ciclo. Cada um dos robôs envolvidos representava uma das personagens da história e tinha que seguir um conjunto de passos que emergiam da própria sequência dos acontecimentos da mesma. Os alunos ao desenvolverem este projeto puderam contactar com uma nova ferramenta educativa e desenvolver diversas competências ao nível da matemática, das ciências, da língua portuguesa e das expressões dramática, musical, plástica e tecnológica.

Fortes (2007) recorreu aos kits *LEGO Mindstorms* para investigar o impacto desta ferramenta nas estratégias e representações utilizadas por alunos do 8º ano na interpretação de gráficos apresentando relações entre distância, tempo e velocidade, tendo por base a referência construcionista de Seymour Papert. Neste estudo, o autor identificou que as dificuldades envolvidas na interpretação de gráficos apontados em outras referências também emergem quando os alunos interagem em ambiente robótico. Porém, concluiu de seguida que o trabalho com os robôs proporcionou oportunidades para que o mesmo aluno pudesse criar conexões entre diversas representações. Em particular, destaca o facto da superação de certas dificuldades ocorrerem após a construção de um radar para medir a velocidade.

Ribeiro (2007) realizou uma experiência de Robótica Educativa com alunos do 4º ano de escolaridade. O trabalho envolveu duas etapas: na primeira, os alunos aprenderam os conceitos básicos de robótica, aprenderam a construir e programar robôs. Foi utilizado o kit da *Lego Mindstorms* para que os alunos adquirissem as habilidades básicas de construção e programação de robôs para numa fase posterior dramatizarem com os robôs a história «A Capuchinho Vermelho» e apresentarem-na a toda a comunidade educativa. Neste projeto os alunos começaram por definir o papel de cada robô e o caminho que ele iria percorrer. A par disto os alunos criaram os «bonecos» e pintaram-nos, criaram o guarda-roupa, adereços e cenário para apresentar a peça. Neste projeto podemos ver o desenvolvimento de muitas competências do currículo nacional bem como competências transversais tais como a resolução de problemas, o raciocínio lógico,

o pensamento crítico, a criatividade, a autonomia, a cooperação, a comunicação e o trabalho em grupo. Todos os envolvidos no projeto mostraram entusiasmo e motivação e, principalmente, persistência na sequência do projeto desde a sua conceção até à sua conclusão. Os alunos estavam visivelmente orgulhosos do resultado de seu trabalho. Foi mais uma prova de que a robótica educacional é realmente uma ferramenta poderosa no Ensino Básico, nomeadamente, no 1º ciclo.

Paralelamente a autora (Ribeiro, 2007) também desenvolveu um projeto com alunos de 6º ano de outra escola. Neste projeto estavam envolvidos 20 alunos de uma escola de música, o Conservatório de Música Calouste Gulbenkian, em Braga. O estudo envolveu duas professoras desta escola e tornou-se possível através da disponibilização de 2 horas por semana, durante três meses, a partir da componente curricular formação da cidadania. Numa primeira fase, durante cerca de um mês, os alunos aprenderam os conceitos básicos de Robótica: nomeadamente na construção e programação de robôs. Os alunos foram resolvendo vários exercícios, de complexidade crescente, exigindo tanto a construção de vários tipos de robôs como de tarefas de programação. Depois dos alunos adquirirem os conceitos básicos de programação e se familiarizarem com o robô e o software quiseram dramatizar a história “Os três Porquinhos” e realizar, também, um desfile de moda com os robôs. À semelhança de outros projetos, também estes alunos tiveram que criar todos os personagens, as roupas e cenários da peça para a apresentarem à comunidade educativa. Os professores envolvidos foram unânimes em reconhecer o facto de que as habilidades mais importantes da matemática, das ciências, da tecnologia; das artes e do português foram exploradas neste trabalho. Outras competências transversais também foram exploradas, tais como a resolução de problemas, o raciocínio lógico, o pensamento crítico, a criatividade, a autonomia, a cooperação, a comunicação e o trabalho em grupo.

O estudo de Silva (2008) foi desenvolvido com 41 alunos dos Cursos de Educação e Formação (3º ciclo) e pretendeu avaliar as potencialidades do uso da robótica no ensino da física, nomeadamente nas áreas do som e da luz. No desenvolvimento de atividades do módulo “Som e Luz” foram introduzidas atividades experimentais que, usando o *Mindstorms NXT*, trataram esses conteúdos,

com o propósito de melhorar a aprendizagem dos temas envolvidos mas também incitar um maior interesse pela ciência. O autor usou dois grupos na sua investigação para poder avaliar as vantagens da Robótica Educativa. Um grupo realizou as experiências com recurso ao robô *Mindstorms NXT* e outro realizou atividades experimentais equivalentes às referidas anteriormente mas excluindo o uso do *Mindstorms NXT*. Nesta investigação foram avaliados parâmetros como o comportamento, participação e empenho/interesse. O autor concluiu que o robô teve um impacto muito positivo nos alunos que trabalharam com esta ferramenta. Nas aulas em que decorreram atividades experimentais com recurso ao *Mindstorms NXT* foram registadas melhorias significativas a nível de motivação desses alunos, que se refletiu no seu interesse/empenho, comportamento e participação, principalmente dos alunos mais indisciplinados e com maior dificuldade de concentração. Através da aplicação dos pré e pós-testes, registou-se um maior desenvolvimento, tanto a nível individual como coletivo, no grupo que recorreu ao robô, concluindo-se que o recurso a este contribuiu para esclarecer os conceitos físicos abordados.

Ribeiro (2009) realizou um projeto com alunos dos *Cursos de Educação e Formação (CEF's) – Instalação e Operação de Sistemas Informáticos Saída Profissional: Operadores de Informática*. Este projeto foi desenvolvido durante duas horas semanais sempre que era possível nas disciplinas de IMM (Instalação e Manutenção de Microcomputadores) e, ainda, em Redes. Neste estudo estiveram envolvidos 23 alunos com idades compreendidas entre os 15 e os 18 anos com uma ou mais retenções que não estavam muito motivados para frequentar a escola com aproveitamento. Dentro deste grupo de alunos, a maioria era do sexo masculino só havendo 4 raparigas. Assim, a maioria destes alunos apresentava um percurso escolar com retenções, por vezes repetidas no mesmo ciclo e com uma falta de hábitos de estudo e trabalho, bem como, falta de interesse pela escola. Por conseguinte, estes alunos foram direcionados para estes cursos a fim de conseguir terminar o ciclo com algum aproveitamento. Deste modo, foram criados estes cursos para reduzir o abandono escolar e motivar os alunos na progressão académica. Com este projeto pretendeu-se privilegiar a autonomia e a criatividade

numa atividade nova e inovadora na Escola. Este projeto enquadrou-se no desenvolvimento de novas competências por parte dos alunos, onde aumentaram os seus conhecimentos na exploração e programação de um novo software didático: *Software V 1.0 NXT da LEGO Mindstorms Education*. Alguns alunos, não tinham ambição e intenção em prosseguir os estudos e dada a experiência com a construção e programação dos robôs, muitos deles motivaram-se para ingressar em cursos profissionais de informática, no secundário, de forma a aprofundar os seus conhecimentos com novas linguagens de programação. Este projeto contou com 4 fases. Numa primeira fase os alunos tiveram um contacto com a robótica através de um workshop. Numa segunda fase os alunos estiveram envolvidos na aprendizagem dos conceitos básicos de Robótica, nomeadamente na construção dos robôs. Os alunos inicialmente construíram o seu robô autonomamente e/ou de acordo com alguns manuais fornecidos. Para cada turma foram usados três kits da *Lego Mindstorms* sendo obrigatório formar grupos. Os alunos resolveram uma série de exercícios, de crescente complexidade, que exigiam a construção de vários tipos de robôs. Numa terceira fase os alunos aprenderam os primeiros passos de programação de robôs. Há medida que decorriam as sessões o grau de complexidade de programação ia aumentando. E por último, os alunos tiveram a oportunidade de mostrar o trabalho realizado por eles à Comunidade Educativa e participar em atividades da Especialidade, nomeadamente no RoboParty 2009 que decorreu na Universidade do Minho, onde foi alcançado o 1º lugar na Prova de dança.

Num estudo de Resende (2009) pretendeu-se abordar o autismo e promover a interação entre dois jovens autistas, utilizando uma plataforma robótica como mediadora da comunicação. O projeto enquadra-se numa parceria entre a Universidade do Minho e a *Associação Portuguesa de Pais e Amigos do Cidadão com Deficiência Mental (APPACDM)* de Braga. Participaram dois jovens utentes da APPACDM com idades compreendidas entre os 17 e os 18 anos portadores do espectro autista e com deficiência mental. O estudo experimental dividiu-se em duas fases distintas. Numa primeira fase, denominada de Fase de Demonstração, o robô foi apresentado aos jovens autistas em contexto de sala de

aulas, evitando assim uma quebra de rotina. Numa fase posterior, *Fase de Interação*, foi dada a oportunidade a cada autista, individualmente, de interagir com o robô e com os pares, com o intuito de promover o *turn-talking* de forma a atingir bons padrões de interação. As sessões foram gravadas em vídeo, para posterior análise e os resultados foram quantificados em termos de indicadores previamente definidos, dos quais se destacam a frequência e número de contactos físicos e visuais, os indicadores qualitativos de reação/ação ao robô, os de utilização do robô ou de reação/ação à retirada do robô. Os jovens autistas, ao longo das várias sessões, responderam aos estímulos do robô, permitindo concluir que um robô poderá ser utilizado para estimular a interação e comunicação social.

Melo (2009) pretendeu avaliar de forma quantitativa o impacto da utilização da robótica no processo de ensino aprendizagem baseado na resolução de problemas e na capacidade de planeamento dos alunos. Nesta experiência os alunos tinham de resolver um conjunto de problemas de robótica. Os resultados da investigação revelaram que o grupo experimental sofreu uma evolução significativa (a 10%) ao nível do planeamento ( $p\text{-value} = 0,063$ ), o que não se verificou para o grupo de controlo ( $p\text{-value} = 0,426$ ). Quanto à exposição do processo de resolução dos problemas, o autor contemplou, pela análise dos dados, que os sujeitos usam uma estratégia que corresponde à sequência: representação do problema, estabelecimento do plano, experimentação da proposta de solução, observação/análise do comportamento do robô e tomada de uma decisão sobre a reformulação do plano ou o avanço para uma nova etapa. Ao nível da relação entre a robótica e a física, o estudo mostrou que os sujeitos do grupo experimental tendem a identificar os conceitos/leis da física de forma coerente com cada problema de robótica ensaiado.

Ribeiro (2009) na seu trabalho *O Papel Interdisciplinar da Robótica nos Contos Infantis* pretendeu mostrar que a Robótica tem tomado um papel cada vez mais ativo no processo educativo sendo já considerada uma ferramenta pedagógica com muita utilidade. Como o Ensino Básico (EB) tem sido alvo de poucos trabalhos de investigação, sendo, ainda, reduzidos os estudos da aplicabilidade desta ferramenta pedagógica, a autora tencionou mostrar que os

robôs são uma ferramenta pedagógica útil, sobretudo no primeiro ciclo onde se trabalha a interdisciplinaridade a partir de histórias infantis ou mesmo da imaginação das crianças. Este projeto implicou uma construção e a programação de robôs Lego Mindstorms por alunos do 1º e 2º ciclos. O projeto passou pela dramatização com os robôs das histórias populares “Capuchinho Vermelho” e “Os Três Porquinhos”, por um desfile de moda e por danças. Cada um dos robôs envolvidos representava uma das personagens da história e tinha que seguir um conjunto de passos que emergiam da própria sequência dos acontecimentos da mesma

Abrantes (2009), na sua investigação *Aprender com Robots* pretendeu analisar, descrever e compreender como é que os alunos aprendem na interação com robôs na sala de aula, no contexto da área de projeto. Deste modo, faz uma breve abordagem à robótica como uma área de investigação onde o grande desafio é criar robôs à imagem e semelhança do homem e fáceis de interagir com eles. Baseando-se na perspectiva de Papert, este estudo discute a aprendizagem, dando ênfase ao “aprender, fazendo” e na relação que o aluno estabelece com as suas próprias ideias e os artefactos – “objects-to-think with”. Com base nos fundamentos da *Teoria da Atividade*, este estudo analisa as práticas da utilização dos robôs na sala de aula, no desenvolvimento de projetos.

Batista (2010) na sua investigação pretendeu mostrar as possibilidades de utilização do kit *Lego Mindstorms* em projetos desenvolvidos na área de projeto. Teve como objetivos analisar as formas como os alunos desenvolvem atividades relacionadas com os seus interesses através da robótica e, ainda, mostrar como a metodologia de trabalho de projeto e a realização de projetos em trabalho colaborativo podem ser estimulados com recurso à robótica. No seu estudo a investigadora verificou que esta ferramenta educativa estimula e desenvolve os projetos em trabalho colaborativo sendo também um excelente veículo para aplicar a metodologia de trabalho de projeto. Possibilitando-lhes um leque diversificado de conhecimentos.

Ribeiro (2010) fala-nos de um projeto enriquecedor - o “Manel” e a “Maria” dançam o vira minhoto - fruto de uma experiência passada no Roboparty 2009.

Neste projeto participaram cinco alunos do Curso Educação e Formação (CEF) e duas professoras. O grupo de alunos tinham idades compreendidas entre os 15 e 18 anos. Os alunos participaram de forma ativa nesta iniciativa desde a construção do robô que passou pela soldagem dos diferentes componentes, pela programação no software e pela criação dos personagens o “Manel” e a “Maria”, dois robôs dançarinos que foram programados para dançar o “Vira Minhoto”. É inegável que a robótica é uma ferramenta excelente para a aprendizagem de conceitos de programação, de engenharia e tecnologia. Além disso, propicia um ambiente de aprendizagem inovador, ativo e construtivista, promovendo a aprendizagem baseada em projetos. É, portanto, uma ferramenta valiosa em todos os níveis de aprendizagem e com um valor acrescentado no contexto de estudantes de tecnologia.

Conchinha (2011) realizou um estudo com 5 sessões em que analisa o potencial da Robótica Educativa – *Mindstorms* – em utentes com paralisia cerebral ligeira. No seu estudo, conclui que o *Lego Mindstorms* pode ser utilizado em contexto educativo destes sujeitos e como fazer parte de uma terapia de reabilitação motora.

Ribeiro (2011) no seu trabalho - *Robowiki: um recurso para a Robótica Educativa em língua portuguesa* – contribuiu com a criação de um sítio *Robowiki*, um portal de Robótica Educativa onde se apresentam alguns recursos importantes, nomeadamente: (i) conjunto de planificações de sessões para um curso de introdução à Robótica Educativa usando kits *Lego Mindstorms*; (ii) planificações de sessões para abordagem de conteúdos curriculares; (iii) sugestões de projetos multidisciplinares; (iv) documentação em língua portuguesa sobre a programação de kits *Lego Mindstorms*.

A investigação de Varanda (2012) decorreu numa Escola Secundária, numa turma de 10<sup>o</sup> ano do curso profissional de Gestão e Programação de Sistemas Informáticos. Nesta intervenção os alunos trabalharam em grupo de quatro elementos, empregando a metodologia de *Aprendizagem Baseada em Problemas* (ABP). O problema em causa tinha que ver com o estacionamento autónomo de um carro (robô) num parque de estacionamento, que os alunos superaram resolvendo

desafios (subprogramas) de complexidade crescente. O autor refere que os resultados atingidos pelos alunos foram muito bons e a análise ao questionário admitiu concluir que o trabalho foi elucidativo e motivador, apresentando os robôs como um recurso lúdico que torna as aulas agradáveis e que, graças à linguagem por blocos, apresenta uma menor dificuldade.

Matos (2012) realizou uma investigação que contemplou também a *Aprendizagem Baseada em Projetos* (ABP) com recurso à robótica durante 5 aulas numa turma de 10<sup>o</sup> do *Curso Profissional de Gestão Informática*. Este projeto teve como propósito formativo de praticar e demonstrar que a programação deposita em si os mesmos fundamentos das outras linguagens, numa aproximação ao mundo real. Este cenário levanta questões que os alunos pretendem dar resposta experimentando e aprendendo com o erro num processo de descoberta que os leve a refletir e tirar conclusões. Concluiu que a robótica pode tornar-se numa ferramenta auxiliar de implementação, consolidação e obtenção de conhecimentos sendo o professor o mediador e facilitador do trabalho. Cabe ao professor levar os alunos a pensar por si próprios, ajudando-os a serem cientes do seu desenvolvimento e avaliação. Os propósitos foram na sua maioria atingidos embora nem todos os alunos conseguissem concretizar todos os problemas.

Baptista (2012) pretendeu investigar de que forma um clube de robótica poderia proporcionar experiências inovadoras na aprendizagem dos alunos. Considera a Robótica Educativa como um ambiente onde os alunos planificam, constroem e programam robôs, uma atmosfera que envolve dinâmicas interativas capazes de proporcionar experiências de aprendizagem assentes em teorias como o construtivismo e o construcionismo. Este estudo de caso de natureza qualitativa teve como objetivo averiguar a forma como cada aluno se envolvia, utilizava o seu conhecimento e o partilhava com o grupo para a consecução de um produto final. A investigadora concluiu que neste ambiente educativo os alunos desenvolvem destrezas e atitudes que lhes permitem avançar para patamares superiores de conhecimento, facultando a edificação de novos conceitos científicos, assim como habilidades e competências importantes para as interações sociais e culturais de cada indivíduo e do grupo. Acrescenta que os ambientes onde se constroem robôs

como componentes mediadores do processo de ensino aprendizagem promovem a inovação na forma como o saber é construído.

Gonçalves & Freire (2012) relatam um projeto desenvolvido ao longo do ano com 15 alunos entre os 10 e 14 anos em que foram desenvolvidas atividades de planeamento, construção, programação, adaptação a modelos diferentes e atividades de divulgação à comunidade. A manutenção do espaço online permitiu a divulgação constante do que se foi realizando e o contacto com outros entusiastas da mesma atividade.

Gomes & Abrantes (2012) relatam uma intervenção realizada numa escola secundária, ao longo de cinco aulas na disciplina de *Linguagens de Programação* a alunos do 10.º ano de um *Curso Profissional de Técnico de Informática de Gestão*. A intervenção contemplou uma estratégia de operacionalização baseada na aprendizagem em problemas com o recurso à robótica educativa. Foram criados quatro problemas para os alunos resolverem com grau crescente de dificuldade, desenhados com base num cenário, onde foi possível abordar os conceitos do *módulo: Estruturas de Controlo*. Ao longo da intervenção foi possível identificar momentos onde se reconhece que os alunos aprenderam com o erro. O gostar de programar o robô foi associado à participação: na programação do robô; no desenho do fluxograma; e na escrita na solução em C.

Oliveira, Ferreira, Celestino, Ferreira & Abrantes (2012) no seu trabalho - *Uma proposta de ensino-aprendizagem de programação utilizando robótica educativa e storytelling* – realçam que o seu propósito foi apresentar uma proposta de ensino-aprendizagem para disciplinas de programação, de um *Curso Profissional*, com recurso à Robótica Educativa e ao *Storytelling*, tendo como objetivo estimular a criatividade e o interesse dos alunos na programação. Sendo que a robótica educativa vai de encontro às necessidades dos alunos como nativos digitais e o *Storytelling* cria os motivos para aprendizagem.

Torcato (2012) no seu projeto - *O robô ajuda? Estudo do impacto do uso de robótica educativa como estratégia de aprendizagem na disciplina de aplicações informáticas B* – apontou como objetivo investigar o real impacto que a utilização da robótica educativa, em alternativa aos processos tradicionais, no processo de

ensino-aprendizagem pode ter na melhoria do desempenho dos alunos. O estudo foi realizado em duas turmas do 12º ano, na disciplina de *Aplicações Informáticas B*.

Celestino (2013) realizou uma intervenção com alunos de 12º ano de *Aplicações Informáticas* cujo objetivo era aprender conceitos de programação. Esta proposta envolveu a construção e programação de um artefacto robótico. As estratégias de implementação assentaram na utilização da Aprendizagem baseada em projetos com recurso à robótica educativa e do trabalho colaborativo. Os resultados obtidos demonstram quanto maior for o trabalho colaborativo maior é a participação e aprendizagem contribuindo a Robótica Educativa para esse cumprimento.

Ferreira (2013) apresenta uma investigação levada a cabo com alunos de 12º ano do curso de *Ciências e Tecnologias*, ao longo de 5 aulas. Os alunos programaram diferentes desafios para responderem a um problema. A avaliação dos alunos foi formativa, havendo sempre feedback (colegas, professor e robô) e, ainda, sumativa através da avaliação dos programas criados pelos alunos, documentos e comportamentos revelados no processo.

Oliveira (2013) realizou um estudo com alunos de 12º ano do curso *Científico Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Para contrariar as elevadas taxas de fracasso escolar em disciplinas introdutórias de programação, a intervenção letiva foi estruturada empregando a Robótica Educativa, seguindo uma metodologia de aprendizagem baseada por resolução de problemas. Os alunos tiveram que programar os robôs com a finalidade de salvar uma cidade e para isso resolveram dois desafios de complexidade crescente. Nas suas conclusões o investigador concluiu que os alunos gostaram de programar o robô e gostaram dos desafios propostos e que consideraram que o robô os ajudou a manter a suas atenções nas aulas influenciando positivamente os resultados.

Vasconcelos (2013) incidiu o seu estudo sobre o clube de robótica escolar *ESA Robots* contemplando 22 alunos que pertenciam ao clube. O objetivo do seu estudo passou pela análise do impacto da robótica no ensino, abordando a aplicação prática da robótica na interdisciplinaridade curricular e verificar se esta

contribuiu para a motivação e empenho dos alunos como fator determinante de sucesso escolar. No seu trabalho, concluiu que a Robótica Educativa é transversal a outras áreas disciplinares, contribuindo para o desenvolvimento de competências transversais.

Santos (2015) apresenta um tributo para o enquadramento das atividades de programação com robôs de solo na educação pré-escolar. Apoia-se na prática de investigação-ação e respetivas observações com crianças de 3, 4 e 5 anos a programar um robô de solo, utilizando uma linguagem de programação baseada num subconjunto da conhecida *Linguagem Logo*. Nesta investigação, ao utilizar o robô *Roamer*, tirou-se partido das suas características de robustez e simplicidade, possibilitando oferecer às crianças uma experiência prática e distinta de variadas matérias. Viabilizou a familiarização das educadoras com a Robótica Educativa. A competência da matemática foi aquela que mais se destacou na concretização das atividades. Concluiu-se que a inclusão da robótica no dia a dia do jardim de infância é exequível e apropriada.

Almeida (2015) realizou um projeto de investigação no âmbito da robótica educativa numa escola básica de 1º ciclo, com alunos do 4º ano de escolaridade. O investigador partiu da ideia da utilização da robótica educativa como meio de desenvolver o pensamento computacional e como auxiliar de relevo na aprendizagem dos conteúdos curriculares. Durante a execução do projeto, os alunos realizaram diversas atividades relacionadas com a programação de robôs, de modo a efetuar uma prova com vista à sua participação no *Festival Nacional de Robótica*. Os alunos foram resolvendo uma sequência de problemas em grau crescente de dificuldade, onde foi possível abordar alguns conceitos das áreas disciplinares de matemática e português. A estratégia de operacionalização do projeto incidiu na *Aprendizagem por Problemas* com o recurso à robótica educativa. O investigador concluiu que a robótica traz muitas vantagens para o desenvolvimento do pensamento computacional em crianças desta faixa etária.

#### 4.4.3 Projetos específicos na área da Matemática

O projeto *Driving Math* teve a aplicação da plataforma *Mindstorms for Schools* nas aulas de Matemática (Limkilde, 2000). A ideia de utilização dos robôs surgiu quando o autor decidiu introduzir o tópico de algoritmos. Esta utilização decorreu em quatro “pequenos” projetos em que os alunos teriam de construir um modelo robótico, o mais adequado possível à tarefa em questão e proceder à programação tendo sempre subjacentes importantes conceitos matemáticos. O tempo para a realização destes projetos era limitado e terminavam com a apresentação dos resultados. Segundo o autor, o ambiente das aulas era caracterizado pelo desafio, competição, planeamento estratégico, surpresa, compromisso, criatividade e uma forte concentração, principalmente nos resultados. Estes projetos permitiram criar situações que originaram um sentido de competição, de grande envolvimento e motivação dos alunos. Conforme se avançava nos projetos, aumentava a sua dificuldade e a complexidade dos conceitos matemáticos envolvidos, assim como a exigência das respostas, começando por uma explicação do programa e do algoritmo realizado no primeiro projeto, até à apresentação de um esboço do robô e do algoritmo e uma explicação completa de como é que estes resolveriam o problema apresentado na quarta proposta.

Knudsen, (2000) através do seu projeto *World-Class Maths and Science* tinha o objetivo de desenvolver, testar e aplicar novos métodos e experiências de ensino-aprendizagem, pretendia aumentar o interesse dos jovens pela matemática.

A nível nacional, Carneiro (2005) realizou um estudo com uma turma de 19 alunos de uma Escola Básica, com propósito de compreender qual o contributo de um programa para computador (*SuperLogo*) na aprendizagem da geometria do 5.º ano de escolaridade, nomeadamente na construção de polígonos e sólidos geométricos, também sendo objeto de estudo, as atitudes e reações exteriorizadas pelos alunos durante a utilização do programa, na aula de matemática. O autor concluiu que a matemática pode beneficiar com a utilização dos computadores e da *Linguagem Logo* contribuindo de forma decisiva, para a criação de um bom

ambiente de trabalho na aula de matemática. Os alunos, durante a utilização da *Linguagem Logo*, mostraram-se bastante motivados e empenhados na realização das tarefas. Este facto permitiu que se estabelecesse uma relação positiva dos alunos com as atividades matemáticas, nomeadamente na aquisição do conceito de polígono, perímetro de um polígono, bem como capacidades na construção de polígonos, planificações e sólidos geométricos.

Oliveira (2007) apresenta um estudo onde introduziu os robôs na aprendizagem de conceitos e tópicos matemáticos no ensino da matemática. A sua investigação incidiu sobre o estudo das funções do 8º ano de escolaridade e foi desenvolvida em duas turmas. O investigador pretendeu descrever, analisar e compreender como é que os alunos aprendem matemática tendo os robôs como elementos mediadores da aprendizagem. Foram realizadas 5 tarefas que compreendiam o uso de pequenos modelos robóticos, duas fichas de trabalho e um teste de avaliação em duas fases. O autor concluiu no seu estudo que a utilização dos robôs despertou interesse, curiosidade e sentido de desafio dos alunos, pautando-se pela grande atividade, motivação e persistência na resolução de problemas apresentados. As estratégias adotadas pelos alunos foram diversas e diversificadas havendo uma evolução nas mesmas. Refere ainda que o conceito de função foi apreendido de forma significativa pelos alunos. O trabalho realizado com os robôs proporcionou aos alunos o desenvolvimento da compreensão do conceito de função e das facetas que pode apresentar. No seu estudo considera que os alunos desenvolveram diversas competências tais como:

- *competência em pensamento matemático;*
- *competência no tratamento de problemas* - formulação e resolução de problemas;
- *competência de raciocínio matemático* - que significa considerar-se habilitado a pensar matematicamente;
- *competência em instrumentos e acessórios* - que significa considerar-se capaz de conceber e estabelecer conexões com instrumentos e acessórios matemáticos;

- *competência de comunicação* - que envolve a comunicação em, com e sobre a matemática;
- *competência de representação* - que significa que o aluno dever-se-á sentir habilitado a manipular distintas interpretações de entidades matemáticas;
- *competência de cooperação*.

Gomes (2010) e Andrade (2011) desenvolveram projetos de cariz qualitativo cujo propósito era investigar a aplicabilidade da robótica na sala de aula enquanto mediador e potenciador do processo de aprendizagem no tópico das funções. Nestes estudos, concluiu-se que a robótica não é só um componente interveniente do processo ensino aprendizagem mas é sobretudo um catalisador da motivação, cooperação e envolvimento dos alunos, conduzindo-os numa perspectiva construcionista, a edificar saber e a demonstrar o simbolismo abstrato presente na matemática.

Ribeiro (2011) no seu trabalho - *A Robótica Educativa como Ferramenta Pedagógica na Resolução de Problemas de Matemática no Ensino Básico* –aponta a Robótica Educativa como uma das ferramentas educativas emergentes de maior potencial. Entre as várias características que lhe são atribuídas, realça-se a sua adequação a uma aprendizagem baseada na resolução de problemas concretos cujos desafios criados promovem o raciocínio e o pensamento crítico de uma forma ativa, elevando também os níveis de interesse e motivação dos alunos por matérias por vezes complexas. Estas características tornam a Robótica Educativa especialmente apelativa para o ensino-aprendizagem da matemática e das ciências naturais. Neste trabalho, disponibilizam-se um conjunto de sessões usando a Robótica Educativa que podem ser usadas para trabalhar a resolução de problemas relacionados com as operações de multiplicação e divisão na área da Matemática para alunos do 4º ano do Ensino Básico. Estas permitem ao professor trabalhar estes conteúdos de uma forma alternativa ao ensino tradicional. Os recursos apresentados neste trabalho são enquadrados num contexto mais amplo de um portal de Robótica Educativa, onde se podem encontrar outros recursos úteis para a implementação da Robótica Educativa no Ensino Básico.

Fernandes (2012) realizou um estudo onde analisou o papel e impacto dos robôs na participação dos alunos (e conseqüentemente na aprendizagem) em dois ambientes escolares com características diferentes: em aulas de matemática com uma estrutura escolar e em aulas do 1.º CEB com metodologia de projeto. Utilizando como referencial teórico a *Teoria da Aprendizagem Situada*, analisou a participação dos alunos nas aulas, quando usavam os robôs, discutindo a sua capacidade de agir e o papel da mesma nas aprendizagens dos alunos.

Lopes e Fernandes (2012) relata parte de um estudo que foi realizado no âmbito das atividades do projeto *DROIDE II - Os Robots na Educação Matemática e Informática* – onde pretendeu caracterizar a prática da matemática escolar, de acordo com a *Teoria da Aprendizagem Situada*, de uma turma de 8.º ano de escolaridade, de uma escola, dos 2.º e 3.º Ciclos do Ensino Básico, da Região Autónoma da Madeira, quando os alunos aprendem Matemática (e não só) com robôs.

Martins e Fernandes (2012) desenvolveu uma investigação que se insere nas atividades do projeto *DROIDE II - os Robots na Educação Matemática e Informática*. Na sua investigação a autora pretendeu compreender como é que o uso de robôs pode contribuir para o desenvolvimento de competências matemáticas, e outras, e para a apropriação de tópicos e conceitos matemáticos nos alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico. Tomando esse pressuposto, foi construído e implementado um cenário de aprendizagem, com uma metodologia de *trabalho de projeto*, envolvendo duas turmas do 1.º Ciclo do Ensino Básico, a trabalhar conjuntamente, com robôs.

## **5. Percurso Metodológico**

### **Aplicação da RE no ensino da matemática no 1º ciclo do Ensino Básico**

#### **Sumário**

*As questões geradoras deste trabalho e os seus principais objetivos foram já delineados no âmbito da Introdução, sendo reveladas neste capítulo as principais considerações de índole metodológica com vista a atingir estes mesmos objetivos, bem como oferecer uma descrição da planificação e implementação do estudo realizado no âmbito deste trabalho. Assim, far-se-á uma apresentação do plano das atividades realizadas e sua estruturação global, caracterizando-se os materiais pedagógicos desenvolvidos, bem como indicando-se e justificando-se a utilização dos instrumentos de validação e métodos de recolha e tratamento de dados. Serão ainda abordados alguns aspetos referentes à preparação do trabalho de campo que permitiu a implementação do estudo no caso concreto abordado nesta tese.*

## 5.1 Enquadramento Metodológico do Estudo

### 5.1.1 Estudo de caso como estratégia de investigação

Nesta secção, apresenta-se o enquadramento metodológico do estudo realizado, de natureza qualitativa, nomeadamente a utilização do *estudo de caso* como principal suporte referencial ao desenho dos instrumentos de recolha de dados e ao desenrolar de todo o estudo.

O *estudo de caso* enquadra-se num tipo de investigação onde, por razões diversas, não é possível generalizar resultados, mas antes descrever um determinado fenómeno educacional. Esta opção pode ser voluntária ou imposta pela natureza do estudo ou pelos recursos disponíveis que impedem que se possam controlar os acontecimentos e manipular as causas do comportamento dos participantes (Yin, 1994). De acordo com Cohen e Manion (1994), o estudo de caso tem vantagens muito peculiares pois analisa melhor as dimensões interpretativa e subjetiva dos fenómenos educativos.

O estudo de caso é aquele em que o investigador observa as características de uma unidade individual (uma criança, uma turma, uma escola). Esta observação tem como desígnio investigar verdadeiramente e dissecar de forma intensiva as muitas e variadas facetas de um fenómeno que fazem parte da unidade observada sem pretender identificar generalizações (Coutinho, 2013).

Merriam (1988) caracteriza o estudo de caso qualitativo pelo seu carácter descritivo, indutivo, particular e a sua natureza heurística. Segundo esta autora, um estudo de caso é um estudo sobre um fenómeno específico tal como um programa, um acontecimento, uma pessoa, um processo, uma instituição ou um grupo social.

A opção por este tipo de estudo de caso neste trabalho é, por um lado, um resultado natural da visão construtivista no processo de aprendizagem que emerge naturalmente de tudo o que foi até aqui explanado, bem como dos próprios objetivos do estudo, mas é também uma imposição dos recursos postos à disposição para esta investigação.

Assim, pretendeu-se dar relevância à compreensão do fenómeno em estudo, em particular a forma como a Robótica podia ser usada como ferramenta educativa no 1º ciclo do Ensino Básico e os processos pelos quais os alunos podiam adquirir novas competências com esta ferramenta. Dá-se, assim, mais ênfase aos processos do que aos resultados, uma das premissas da investigação qualitativa (Coutinho, 2013). Por outro lado, dadas as limitações temporais e materiais do estudo não seria possível obter dados numéricos convincentes sobre estas questões. Um outro fator tomado em consideração passou pelo contexto da intervenção. De facto, esta foi uma intervenção que decorreu durante o período de aulas (aulas de apoio ao estudo) e ainda nas interrupções letivas com alunos com uma fluência tecnológica bastante satisfatória. Todo este contexto envolvente teve efeitos nos resultados do estudo difíceis de avaliar por uma investigação quantitativa que se fundamenta em critérios de validade e fiabilidade difíceis de assegurar na presente investigação.

Segundo Merriam (1988), os *estudos de caso* podem ser classificados em *descritivos, interpretativos e avaliativos*. O nosso trabalho enquadra-se no tipo de *estudo de caso descritivo* por apresentar uma descrição do fenómeno em estudo, não nos conduzindo por generalizações, instituídas ou incertas, nem pretendermos formular hipóteses gerais.

Esta investigação segue o *paradigma interpretativo* (Bodgan & Biklen, 1982; Goetz & LeCompte, 1984), desenvolve-se a partir de um projeto de investigação colaborativa que a investigadora implementa com um grupo de alunos do 4º ano de escolaridade. Nesta investigação, a opção metodológica adotada proporciona a valorização da interação dos episódios educativos com o contexto no qual acontecem, onde o que se intenta é relatar e decifrar os resultados de uma experiência particular.

A escolha de um paradigma essencialmente qualitativo para este estudo não impede que sejam também recolhidos dados numéricos de natureza quantitativa, incluindo aplicação de pré e pós-testes que possam complementar outros instrumentos de índole descritiva e qualitativa. Ainda assim, quer o tamanho relativamente reduzido das amostras, quer a natureza dos próprios instrumentos

conduzem a que a interpretação dos resultados se pautem por uma lógica essencialmente qualitativa, buscando a compreensão e não a explicação dos fenómenos (Coutinho, 2013).

### **5.1.2 O papel da investigadora**

A investigação qualitativa admite que os fenómenos e comportamentos são influenciados pelo contexto em que ocorrem. Neste caso, houve um contacto prolongado com o contexto (quase um ano letivo), com o fenómeno e com os comportamentos a estudar havendo uma influência mútua exercida entre investigadora e participantes. A investigadora empenhou-se nas atividades dos sujeitos.

Quando a investigadora foi para o terreno estudar o fenómeno, o desenho de investigação não estava totalmente estabelecido, permitindo que, à medida que os dados iam sendo colhidos, emergisse um novo desenho para o estudo.

A investigadora foi o principal instrumento de recolha e análise de dados pretendendo, a partir das evidências, conceber uma visão holística, sistemática e integrada do contexto em estudo (Merriam, 1988; Yin, 1994).

Ao longo do processo, a investigadora assumiu vários papéis: inquiridora, ouvinte, exploradora, negociadora, avaliadora, narradora, comunicadora, observadora e intérprete (Yin, 1994).

De acordo com Yin (1994), o investigador qualitativo deverá possuir determinadas características:

- ser capaz de colocar boas questões e de compreender as respostas;
- ser um bom ouvinte, evitando deixar-se atraído pelas suas ideologias ou preconceitos;
- ser adaptável e flexível, de modo a analisar as circunstâncias novas como oportunidades e não como ameaças ao bom desenrolar da investigação;
- ter uma compreensão profunda dos tópicos em estudo;

- não se deixar manipular pelas suas noções preconcebidas, incluindo as derivadas a partir da teoria, conservando-se sensível às provas contraditórias.

Nesse sentido, foi realizado um esforço no sentido de seguir este conjunto de bons princípios.

## **5.2 Planificação e implementação das atividades**

Nesta secção, faz-se a descrição das atividades planeadas para o estudo a ser realizado no âmbito deste trabalho. Começa-se por uma visão geral do plano estabelecido, para em seguida se abordarem mais especificamente as diversas fases da implementação das atividades.

Procura-se, nesta secção e nas seguintes, descrever o plano de atividades e os recursos desenvolvidos de forma o mais independente possível da sua implementação concreta no estudo realizado no âmbito deste trabalho, uma vez que se procurou que o plano definido e os recursos desenvolvidos fossem aplicáveis em estudos futuros e se constituíssem por si só como resultados tangíveis deste trabalho. De qualquer modo, são também explicitadas nesta secção algumas opções de implementação tomadas no estudo em concreto, nomeadamente no que diz respeito às diversas diligências necessárias para a implementação do estudo.

### **5.2.1 Planificação global**

No presente estudo procurámos identificar e compreender formas de utilização da Robótica Educativa com alunos do 1º ciclo, nomeadamente no desenvolvimento de projetos que contemplem a área da matemática e das ciências. A **Figura 18** mostra o desenho global do estudo que se desenhou previamente para que pudesse ser implementado, ilustrando o esquema geral de execução e

validação das atividades propostas em cada uma das fases previstas, bem como identificando os principais instrumentos usados na validação.

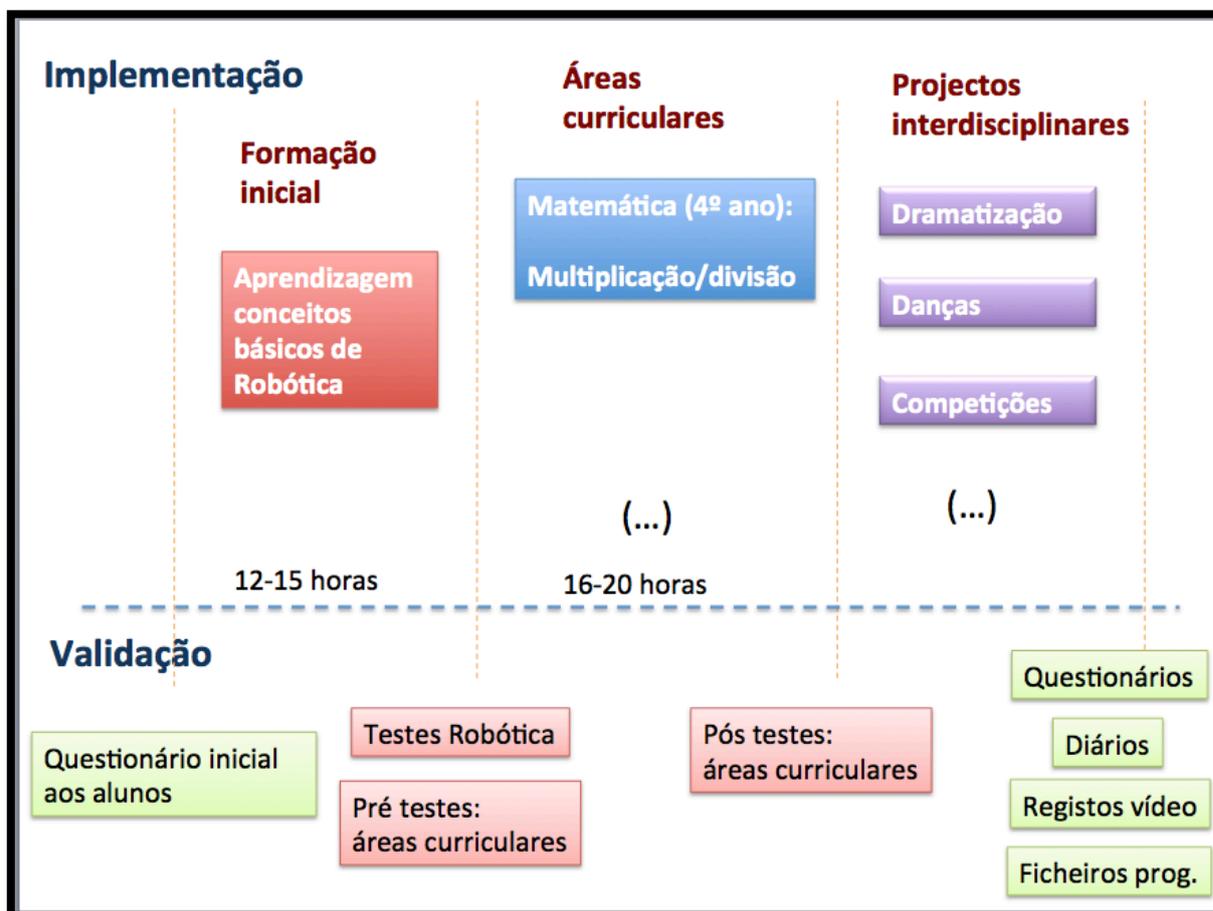


Figura 18- Visão global das diversas fases do estudo e instrumentos de validação (Inicial)

Na implementação deste plano realizada no âmbito deste trabalho, a fase que diz respeito aos projetos interdisciplinares não foi concretizada pela investigadora por questões de saúde. Assim, o desenho do plano sofreu algumas alterações, tendo sido aplicada apenas a versão que se apresenta na **Figura 19**. Ainda assim, parece relevante descrever o plano global e a sua conceção, até porque a última fase foi já objeto de trabalho anterior por parte da investigadora, sendo importante para um efetivo plano de aplicação de Robótica Educativa neste nível de ensino.

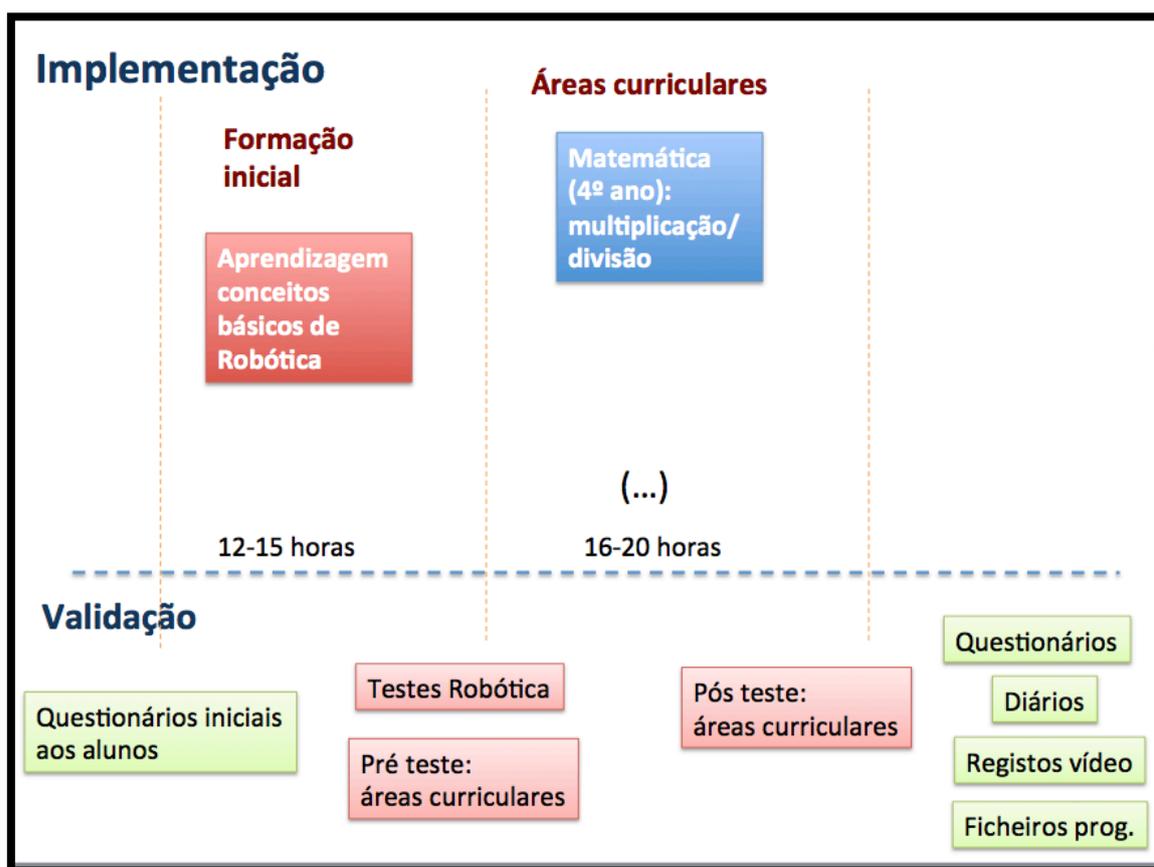


Figura 19 - Planificação ajustada ao estudo realizado na dissertação

Na fase inicial deste trabalho, a investigadora procedeu ao desenvolvimento de material pedagógico para as diferentes fases de aplicação acima referidas, bem como ao desenho dos respetivos instrumentos de validação.

Em seguida, procedeu-se a uma validação de todo o material realizando a sua implementação no terreno e aplicando os instrumentos respetivos. Esta fase de aplicação decorreu entre os meses de novembro de 2010 e junho de 2011, como se detalhará em seguida.

Para a implementação de um estudo como este é necessário, previamente, resolver algumas questões logísticas e realizar alguns procedimentos organizacionais, que passam pela seleção da escola, pelo contacto com a direção do/da escola e/ou agrupamento, pelo contacto com os professores titulares, pela seleção dos alunos, pela obtenção de autorizações dos encarregados de educação,

pela disponibilização dos espaços e dos recursos informáticas e pela obtenção dos kits de robótica.

Nesta fase é também realizada a aplicação de um *questionário preliminar* (**Anexo Q1**) e um teste diagnóstico (**Anexo T0**) com o intuito de conhecer melhor os alunos e as suas competências, sendo esta aplicação prévia à seleção dos grupos para o estudo, i.e. dos alunos que participam no estudo e daqueles que podem ser usados como *grupo de controlo*. Estes passos importantes na preparação do estudo são detalhados na **secção 5.2.2**.

Uma vez garantidas as condições para o início do estudo, pode prosseguir-se com a aplicação da intervenção educativa de Robótica Educativa. A **Tabela 6** ilustra as duas fases desta intervenção e a sua relação com as questões de investigação subjacentes a este trabalho.

Fases	Questões	
<b>Fase 1</b> Aprendizagem dos conceitos básicos da Robótica Educativa (construção e programação)	Q1	De que modo as atividades de Robótica Educativa motivam os alunos do 1º ciclo do Ensino Básico (EB) para a aprendizagem?
	Q2	De que forma a utilização de kits de Robótica Educativa, que permitem a construção e programação de robôs, é adequada ao nível etário do 1º ciclo do Ensino Básico?
<b>Fase 2</b> Resolução de problemas de matemática	Q3	Que conteúdos dos programas do 1º ciclo do Ensino Básico podem ser abordados recorrendo à implementação de atividades de Robótica Educativa ?
	Q4	As atividades de Robótica Educativa serão suscetíveis de promover a aquisição de competências do 1º ciclo do Ensino Básico e, em caso afirmativo, quais?

**Tabela 6 - Fases do estudo realizado e indicação das questões de investigação que se pretendem ver respondidas durante cada uma destas fases**

A **Tabela 7** apresenta uma visão global do estudo e das duas fases contempladas no mesmo, bem como apresentando as diversas sessões envolvidas. O objetivo da **Fase 1** é o de fornecer aos alunos uma formação inicial nos conceitos básicos da Robótica, tendo uma duração prevista aproximada de 15 horas divididas em 6 sessões, enquanto a **Fase 2** dependerá da área curricular escolhida e do seu âmbito. No caso escolhido para este trabalho, a sessão desenvolvida foi planeada para cerca de 15 a 20 horas de trabalho.

A **Fase 1** estrutura-se em três subfases distintas, sendo organizada em seis sessões de trabalho, da seguinte forma:

- **Introdução aos robôs e à robótica** (1 sessão), com uma apresentação de vídeos introdutórios e discussão em grupo;
- **Construção de robôs** (2 sessões), consistindo na apresentação do kit de Robótica Educativa, nos componentes do robô e trabalhando a construção de robôs seguindo manuais;
- **Programação do robô** (3 sessões), consistindo de exercícios de programação do robô usando a sua interface e software apropriado.

<b>FASES</b>	<b>Subfases</b>	<b>Sessões</b>	<b>Descrição</b>
<b>FASE 1</b>	<b>F1 - Ambientação</b>	<b>Sessão 1</b>	História e uso dos robôs – O que é um robô?
	<b>F2 - Construção</b>	<b>Sessão 2</b>	Introdução ao kit de Robótica Educativa da Lego Mindstorms
		<b>Sessão 3</b>	Construção de robôs
	<b>F3 - Programação</b>	<b>Sessão 4</b>	Programação no robô
		<b>Sessão 5</b>	Programação usando o software NXT
		<b>Sessão 6</b>	Programação de robôs com sensores

<b>FASE 2</b>	<b>Abordagem de temáticas curriculares com robótica</b>	<b>Sessão Resolução de problemas</b>
---------------	---	--------------------------------------

**Tabela 7 - Fases de implementação do estudo**

A **Fase 1** está diretamente relacionada com a abordagem das questões geradoras deste trabalho, nomeadamente a **Q1** (De que modo as atividades de Robótica Educativa motivam os alunos do 1º ciclo do Ensino Básico para a aprendizagem) e a **Q2** (De que forma a utilização de kits de Robótica Educativa, que permitem a construção e programação de robôs, é adequada ao nível etário do 1º ciclo do Ensino Básico?). Assim, esta fase tem como objetivo possibilitar aos alunos envolvidos no estudo a aquisição de um conjunto de competências diretamente relacionadas com a construção e com a programação de robôs que serão necessárias para o restante trabalho.

Por outro lado, o desempenho dos alunos nesta fase deverá permitir à investigadora retirar dados com vista a articular a resposta à questão Q2 do estudo. No final desta fase, os alunos realizaram um teste de programação para avaliar as competências adquiridas no âmbito das capacidades para a programação do robô.

A fase seguinte da intervenção educativa planeada lida com a aplicação da Robótica Educativa no contexto de áreas curriculares específicas, podendo ser desenvolvidos um conjunto de módulos orientados para temáticas curriculares diversas, que podem ter configurações díspares, dependendo das áreas curriculares e das competências a abordar. Cada um destes módulos pode ser validado independentemente aferindo-se o seu potencial para promover a aprendizagem dos conceitos e o desenvolvimento de competências específicas.

Esta fase está, pois, vocacionada para a abordagem das questões geradoras **Q3** (Que conteúdos dos programas do 1º ciclo do EB podem ser abordados recorrendo à implementação de atividades de Robótica Educativa?) e **Q4** (As

atividades de Robótica Educativa serão suscetíveis de promover a aquisição de competências do 1º ciclo do Ensino Básico, e em caso afirmativo, quais?).

Neste trabalho, de forma a ilustrar os conceitos, foi escolhida a área da matemática e mais concretamente as operações aritméticas de multiplicação e divisão. Assim, nesta fase e no âmbito deste estudo, foi desenvolvido um módulo dedicado à resolução de problemas matemáticos envolvendo operações de multiplicação e divisão.

Estas sessões tinham objetivos concretos sobre os conteúdos do programa curricular de matemática do 4º ano do 1º ciclo. As atividades foram idealizadas e preparadas a partir de situações explícitas no programa curricular de matemática deste ano de escolaridade. Foram criadas situações problemáticas para que os alunos as pudessem resolver com o auxílio do robô. As sessões referentes a esta fase são detalhadas na **secção 5.2.4** e os respetivos instrumentos de validação serão discriminados na **secção 5.4**.

Finalmente, o plano de intervenção previa uma terceira fase de utilização da Robótica Educativa, que passava pelo desenvolvimento de projetos educativos multidisciplinares envolvendo a Robótica. Esta fase estava vocacionada para as questões Q1 e Q4, acima referidas, i.e. pretendia motivar os alunos para a Robótica Educativa como forma alternativa de aquisição de conhecimentos e competências por parte dos alunos.

Os projetos educativos multidisciplinares podem tomar diversas formas, incluindo danças, competições, dramatização de histórias ou outros projetos sugeridos por professores ou inspirados pelos projetos educativos da escola. Será de notar que estes projetos representam de alguma forma a maturidade desta tecnologia num dado contexto educativo, pois implicam o envolvimento da comunidade e exigem o seu compromisso. Por outro lado, permitem o desenvolvimento de projetos cujas características tendem a potenciar o entusiasmo de todos aqueles que nelas se envolvem.

Nesta investigação, como já referido, não foi possível realizar o desenvolvimento desta fase com estes alunos. Contudo, paralelamente, foi desenvolvido um projeto num Jardim de Infância e estes alunos puderam

programar os robôs para tomarem o papel dos personagens de uma história criada pelos meninos do Jardim de Infância. Na **secção 5.2.5** serão abordados alguns projetos que foram criados e desenvolvidos pela investigadora anteriormente para dar a conhecer exemplos concretos do tipo de projetos enquadrados neste âmbito.

### 5.2.2 Preparação do estudo

Para que o trabalho de campo possa ser efetuado da melhor forma é necessário seguir alguns procedimentos prévios que garantam as condições práticas para a realização do mesmo. Em seguida, listam-se algumas diligências mais importantes a efetuar e descreve-se como estas foram abordadas no contexto concreto da intervenção educativa realizada neste trabalho:

- **Escolha do local do estudo** – foi escolhido o Agrupamento de Escolas Gonçalo Sampaio por conhecimento pessoal da investigadora e abertura da direção para este tipo de investigação. A investigadora havia, anteriormente, trabalhado com esta ferramenta educativa no desenvolvimento de projetos com alunos do 1º ciclo e com alunos de CEF (Cursos de Educação e Formação). À data, era também o agrupamento onde estava colocada, apesar de não estar a lecionar por estar equiparada a bolsreira e, assim, seria o local onde estariam garantidas as melhores condições para implementar este estudo. Foi escolhida uma escola do agrupamento: o Centro Educativo António Lopes por ser uma escola grande e central e, ainda, porque a investigadora conhecia bem o ambiente educativo.
- **Contacto com a direção do agrupamento de escolas** (contacto direto) – Este serviu para apresentar o projeto à direção e solicitar autorização para a realização da investigação na escola, autorização que

foi concedida tendo a direção do agrupamento reconhecido a mais valia desta intervenção.

- **Apresentação do projeto aos professores** (contacto direto) – foi necessário apresentar o projeto aos colegas titulares de turma para se inteirarem do mesmo e do que era pretendido realizar com os seus alunos. Este momento serviu para que os colegas autorizassem que a sua turma fosse objeto de investigação do nosso projeto. Foi discutido o horário em que a turma participaria na atividade. Concluiu-se que o melhor momento para desenvolver o projeto seria na hora de apoio ao estudo (2x 45 minutos por semana).
- **Seleção dos alunos para o estudo** - os alunos foram selecionados pelos professores titulares de turma mediante o teste diagnóstico (**Anexo T0**) aplicado pela investigadora e pelos resultados académicos dos alunos.
- Autorização dos encarregados de educação dos alunos – foi enviado aos encarregados de educação dos alunos selecionados para o estudo um pedido de autorização para que os seus educandos pudessem fazer parte da investigação a levar a cabo (**Anexo A1**).
- **Uso da sala TIC para a realização das atividades** - foi necessário verificar o horário de funcionamento da sala TIC para que não tivesse ocupação nos momentos em que seria necessária para o efeito. Assim, foi possível usufruir da sala aquando do apoio ao estudo. Esta sala possuía vários computadores com acesso à internet e, ainda, um quadro interativo e projetor.
- **Definição do horário:** de acordo com o horário letivo dos alunos optou-se por executar o plano nos dois blocos semanais dedicados ao apoio ao estudo, para que não houvesse uma interferência na programação das restantes atividades curriculares e, mais tarde, também à sexta feira já fora do horário letivo (**Tabela 8**).

	2 <sup>a</sup> f	3 <sup>a</sup> f	4 <sup>a</sup> f	5 <sup>a</sup> f	6 <sup>a</sup> f
16h45/ 17h30			Sessão RE		Sessão RE
17h30/ 18h30					Sessão RE

Tabela 8 - Horário das sessões de robótica

Integrada nesta fase, foram aplicados os instrumentos de recolha de dados que permitiram fazer o diagnóstico dos alunos. Estes são detalhados na **secção 5.4** e permitiram fazer a seleção da amostra participante no estudo e o grupo de controlo, conforme é explicitado na **secção 6.1** em mais detalhe.

### 5.2.3 Fase 1: Aprendizagem dos conceitos básicos de robótica

Nesta fase, as atividades de trabalho propostas foram concebidas para que os alunos tivessem um primeiro contacto com a robótica e para que compreendessem o funcionamento de um robô, as suas capacidades e limitações e que se iniciassem no ambiente de programação *LEGO MINDSTORMS Education NXT Programming®*.

O objetivo era que os alunos entrassem em contacto com as peças de construção, com o microprocessador *NXT*, com os sensores de toque, de luz, de som e de ultrassons e dos motores. Os alunos tiveram a oportunidade de construir um robô de uma forma livre ou a partir de um manual de construção. Em seguida, puderam aprender os primeiros passos de programação no software para que numa fase seguinte pudessem aplicar estes conceitos noutras atividades, nomeadamente na resolução de problemas e criação de projetos multidisciplinares.

As sessões estruturam-se em *três subfases* distintas, que englobam um total de 6 sessões como se detalha em seguida:

### ***F1: Introdução aos robôs e à robótica***

- **Sessão 1 - História e usos dos Robôs** – o que é um robô; notas sobre robôs e robótica; discussão em grupo sobre estes conceitos; apresentação de vídeos por parte da investigadora mostrando potencialidades dos robôs; apresentação de um robô construído pela investigadora (**Anexo S1**).

A sessão começou com uma apresentação por parte da investigadora que foi colocando algumas questões sobre a temática para aferir das opiniões e ideias que os alunos tinham sobre o tema da robótica e dos robôs. Ao longo da sessão, a investigadora pode recorrer a várias questões para verificar as ideias prévias dos alunos. Os recursos incluíam vários vídeos que foram mostrados aos alunos e promoveram a discussão em grupo sobre as várias questões colocadas.

### ***F2: Construção de robôs***

- **Sessão 2 - Introdução ao kit de Robótica Educativa da Lego Mindstorms**; apresentação dos componentes dos robôs (NXT, motores, sensores, peças de construção) e das peças disponíveis; princípios da construção de um robô (**Anexo S2**). Nesta sessão foram apresentadas todas as peças que constituem o kit e suas funcionalidades.
- **Sessão 3 - Construção de robôs** – Construção de um robô seguindo o manual como guião; exemplo com a construção de um robô carro (**Anexo S3**). Nesta sessão, cada grupo de alunos pode construir o seu robô de acordo com o manual que acompanha o kit. A construção, à partida, pode parecer fácil. Ver um robô já construído torna a tarefa mais simples. Contudo, a tarefa pode revelar-se complexa, quando os alunos verificam que, para pôr o robô a funcionar, têm que usar peças muito pequenas que servem de conectores a outras peças maiores. Os alunos têm no manual as peças necessárias para a construção de cada passo. O material é posto à

disposição dos alunos e cada aluno de cada grupo, na sua vez, pode ir recolher as peças necessárias para cada passo de construção. Depois de construídos os robôs, os alunos puderam experimentá-los. Também nesta sessão, foi explicado aos alunos o papel dos diversos sensores que acoplaram ao seu robô.

### **F3: Programação do robô**

- **Sessão 4 - Programação no robô** - exercícios de construção de programas simples diretamente no robô; familiarização com o *NXT*; ambientação ao interface do robô (**Anexo S4**).

O objetivo desta sessão foi o de promover a ambientação dos alunos ao robô e à programação diretamente no robô, ganhando alguma experiência antes de contactar com a programação no software.

Após o processo de construção dos robôs e tendo cada grupo um robô disponível para poder avançar no trabalho, pode passar-se à fase de programação. Esta sessão começou com a investigadora a explicar o conceito de programação e como tudo se processa com este kit. Os alunos experimentaram os primeiros conceitos de programação no próprio robô. A investigadora apresentou vários exemplos de programação e posteriormente pediu aos alunos que programassem outras tarefas de acordo com um guião/ficha de forma a que estes programassem autonomamente e explicassem o comportamento do robô perante cada exemplo de programação. Esta fase de trabalho fez uso de um guião e de fichas para os alunos onde se explicavam os passos a seguir (**Anexo S4a**), (**Anexo S4b**) e (**Anexo S4c**). A seguir ilustra-se um pequeno exemplo de exercícios contemplados nesta atividade (**Figura 20**).

**Exercício 1**

- Programar o robô para andar para a frente 5 rotações 
- Programar o robô para esperar cinco segundos 
- Programar o robô para andar para trás 5 rotações 
- Programar o robô para esperar cinco segundos 
- Programar o robô para parar 

**Solução:**     

**Pressionar o botão:** 

**4. Qual será o comportamento do robô ao executar os programas seguintes?**

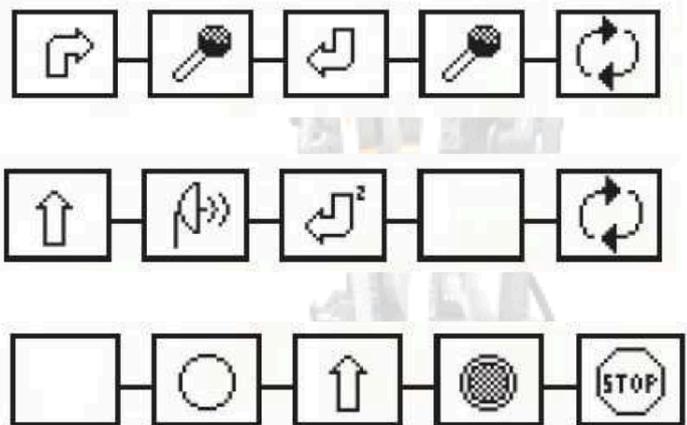


Figura 20 - Ilustração de exercícios de programação no robô referentes à sessão 4

- **Sessão 5 - Programação usando o software NXT** - várias atividades com exercícios de programação usando o software disponível; exploração dos vários blocos de programação (**Anexo S5**). Esta sessão serviu para que os alunos se familiarizassem com o software de programação que acompanha o kit.

Nesta sessão, os alunos tomaram contacto com o software *Lego Mindstorms*, sendo proporcionado guiões de trabalho para desenvolver a atividade (**Anexo S5a**), (**Anexo S5b**), (**Anexo S5c**), (**Anexo S5d**) e (**Anexo S5e**). Os alunos nesta fase aprenderam a distinguir a programação usando os blocos “motor” e “move” (**Anexo S5b**), ou seja, programar os motores de forma independente ou programar apenas de uma maneira para os dois motores. A **Figura 21** ilustra dois dos exercícios propostos nestes guiões.

**Exercícios**

**Motores – Motor Block**

**Exercício 1** - O robô deverá andar em frente e parar quando os motores tiverem feito uma rotação de 720°

- O motor C deverá andar em frente a 75 % de poder (power).
- O motor B deverá andar em frente a 75% de poder
- Esperar que o motor C percorra a distância
- Parar o Motor C
- Parar o Motor B

**Motores – Move Block**

**Exercício 8** - Andar em frente - O robô deverá andar em frente e parar quando os motores tiverem feito uma rotação de 720°.

- Ambos os motores devem avançar 720.

**Figura 21** - Ilustração de exercícios de programação no robô referentes à sessão 5

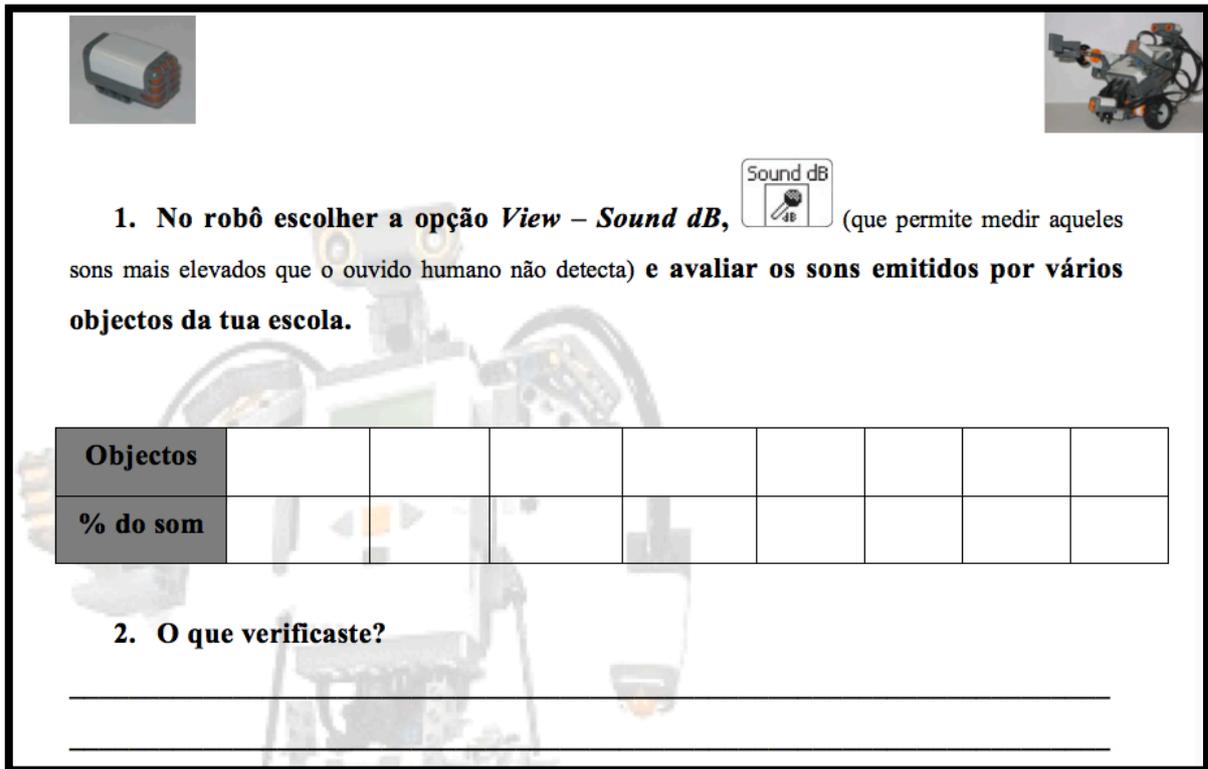
- **Sessão 6 – Sensores – (Anexo S6)**. Programação de robôs com sensores; exploração dos diversos sensores que podem ser incluídos no robô; várias sessões com exercícios de programação tirando partido dos vários sensores usando o software e o guião.

Nesta sessão, os alunos exploraram a programação com os diversos sensores que dão informação do meio ambiente ao robô. Os alunos resolveram

exercícios em que perscrutam o sensor de toque, de luz, de som e ultrassónico.

Para esta sessão, foi ainda desenvolvida uma ficha dada pelo **Anexo S6b**.

Em primeiro lugar, foi pedido aos alunos que explorassem o sensor de som e para isso foi sugerido que medissem os sons emitidos por vários objetos (**Figura 22**).



The worksheet is titled 'Figura 22 - Ilustração de um exercício para a exploração do sensor de toque'. It features a background image of a LEGO Mindstorms robot. At the top left is an image of a sound sensor, and at the top right is an image of a robot. The main text reads: '1. No robô escolher a opção *View – Sound dB*,  (que permite medir aqueles sons mais elevados que o ouvido humano não detecta) e avaliar os sons emitidos por vários objectos da tua escola.' Below this is a table with two rows and nine columns. The first row is labeled 'Objectos' and the second row is labeled '% do som'. Below the table is the question '2. O que verificaste?' followed by two horizontal lines for writing.

Objectos								
% do som								

2. O que verificaste?

---

---

*Figura 22 - Ilustração de um exercício para a exploração do sensor de toque*

Depois, os alunos exploraram o sensor de luz e foi-lhes pedido que medissem a intensidade da luz que era refletida por alguns objetos (**Figura 23**).



**5. No robô na opção View** (serve para medir a intensidade da luz que é reflectida pelo objecto para o qual o sensor está direccionado) **identificar quais serão as cores que poderão reflectir mais intensidade de luz?**

---

---

**6. Agora pega no sensor de luz e verifica cada uma das cores. Preenche a tabela que se segue.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
															%

1.

**7. Depois de verificar a intensidade de luz de cada cor o que podemos concluir?**

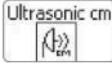


---

---

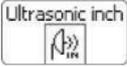
Figura 23 - Ilustração de um exercício para a exploração do sensor de luz

Posteriormente, com o sensor ultrassónico os alunos puderam medir distâncias do robô a vários objetos (Figura 24).

9. Usando agora a opção View -  - em cm, medir a distância do robô a vários objectos na sala.



<b>Objecto</b>								
<b>Distância cm</b>								

10. Com a opção View -  - em polegadas, medir a distância do robô aos mesmos objectos seleccionados anteriormente.

<b>Objecto</b>								
<b>Distância polegadas</b>								

Figura 24 - Ilustração de um exercício para a exploração do sensor ultrassónico

Utilizando o mesmo sensor os alunos puderam medir em polegadas as distâncias do robô aos mesmos objetos, anteriormente efetuadas em centímetros e puderam comparar os valores no final da tarefa. Os alunos tomaram contacto do que é “polegada” e do seu valor, integrando um conhecimento que não é abordado nesta faixa etária e de escolaridade.

As tarefas anteriores realizaram-se no próprio robô não necessitando do software de programação.

Posteriormente, os alunos exploraram os sensores através da programação no software. Assim, com os diversos sensores programaram diversos comportamentos que eram alterados de acordo com os valores ambientais que os

sensores captavam. Como exemplo, com o sensor ultrassônico o robô deveria detectar distâncias e reagir quando estivesse a determinada distância do objeto (**Figura 25**). Este exemplo mostra que o robô deveria andar em frente e só parar quando encontrasse um objeto próximo de si.

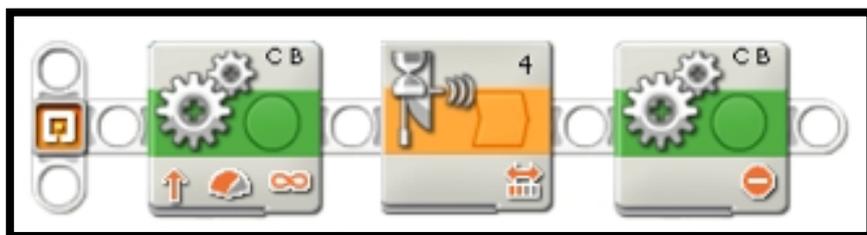


Figura 25 - Ilustração de um programa usando o sensor ultrassônico

Com o sensor de som, os alunos podiam controlar o movimento do robô apenas com palmas. No exemplo da **Figura 26**, o robô só iniciava o seu percurso quando ouvisse o som das “palmas” e por sua vez só parava quando ouvisse o mesmo som.



Figura 26 - Ilustração de um programa usando o sensor de som

Note-se que cada sessão anterior estava programada para cerca de 2 a 3 horas, o que perfaz um total de cerca de 12-15 horas. Na implementação destas sessões no estudo realizado, cada uma destas sessões foi realizada em 2 períodos “letivos”. Será de notar que, no estudo realizado, os alunos do 4º ano concluíram todo este plano de acordo com o apresentado.

Depois desta etapa concluída, foi realizado um teste de programação dos robôs para aferir os conhecimentos adquiridos e das competências desenvolvidas pelos alunos com a ferramenta educativa (**Anexo T1**).

#### 5.2.4 Fase 2: Abordagem de temáticas curriculares com robótica

Antes de se iniciar a **Fase 2**, dever-se-ia aplicar aos alunos um instrumento de avaliação sobre conhecimentos e competências relacionadas com a temática a explorar. No caso específico deste estudo foi aplicado um pré-teste de matemática (**Anexo T2**) antes do início das atividades que será detalhado na **secção 5.4**.

Realizada esta avaliação, o estudo avançou para a execução da **Fase 2** que estava dividida em várias questões de exploração e resolução de problemas, cujo objetivo era a abordagem de conteúdos curriculares usando a Robótica Educativa, neste caso da área curricular da matemática.

No estudo descrito no âmbito deste trabalho, o objetivo dos módulos desenvolvidos era focar nos conteúdos do bloco “*números e operações*”, trabalhando essencialmente as competências relacionadas com a *resolução de problemas* usando *operações aritméticas de multiplicação e divisão*. Mais em concreto e tomando como referência o Currículo Nacional do Ensino Básico, pretendeu-se abordar a “*aptidão para dar sentido a problemas numéricos e para reconhecer as operações necessárias à sua resolução, assim como explicar os métodos e raciocínio usados*”.

De facto, verifica-se uma afinidade da programação dos robôs com as operações de multiplicação e divisão dadas as inúmeras relações de proporcionalidade subjacentes à programação do movimento do robô, relacionadas com tempo e espaço, com programação por número e graus de rotações da roda do robô, entre outras relações de interesse. A exploração destes conceitos num conjunto de exercícios é a base do módulo temático que convida o aluno à descoberta destas relações por experimentação, à previsão do comportamento dos robôs por interpolação e extrapolação e à verificação das previsões que efetua. Os exercícios combinam, assim, a programação do robô com cálculos diversos, culminando num conjunto de jogos que, de uma forma lúdica, consolidam as relações aprendidas.

Para o efeito, criou-se uma sessão de trabalho a ser desenvolvida em várias horas que tinha os seguintes objetivos:

- Compreender o significado das operações e como elas se relacionam entre si;
- Calcular fluentemente e fazer estimativas razoáveis no âmbito da multiplicação e divisão, da adição e subtração;
- Descobrir, através da experimentação com robôs, relações de proporcionalidade entre várias medidas: distância percorrida, número de rotações da roda/ângulo e tempo;
- Definir um procedimento para converter entre si as diversas medidas, efetuando cálculos, usando as operações de multiplicação e divisão e de adição e subtração;
- Prever o comportamento dos robôs por interpolação e extrapolação usando os procedimentos anteriores;
- Testar hipóteses a partir da experimentação, usando a construção e a programação de robôs.

Os conceitos que se pretenderam abordar e explorar nas sessões foram:

- Cálculo do perímetro de uma circunferência a partir do diâmetro, como uma operação de multiplicação;
- Conversão de unidades - 1 rotação = 360 graus;
- Converter polegadas em centímetros e centímetros em polegadas;
- Perceber o conceito de velocidade como a divisão entre o espaço percorrido e o tempo;
- Distância percorrida por uma roda como uma multiplicação do perímetro pelo número de rotações.

Neste sentido, a sessão contemplava a exploração de quinze questões, num total de 16 a 20 horas, que implementavam um conjunto de atividades com os objetivos definidos anteriormente. A título de exemplo, apontam-se alguns dos exercícios específicos colocados aos alunos:

- calcular o perímetro da roda a partir do diâmetro;
- converter unidades de medida;
- encontrar a distância percorrida por uma roda;
- comparar as distâncias percorridas em cada tentativa feita pelos robôs;
- medir e anotar a distância percorrida em cada caso;
- fazer previsões e verificar a sua precisão.

A **Figura 27** mostra dois exercícios desta sessão como ilustração, sendo o guião completo dado pelo **Anexo S7**.

3. Vamos comparar as distâncias percorridas em cada tentativa feita pelos robôs. O robô deverá ser programado para andar em frente o tempo indicado com os motores a 50 rpm. Mede e anota a distância percorrida em cada caso.

<u>Rotações</u>	<u>Distância</u>	<u>Divisão entre a Distância e as rotações</u>
1		
2		
4		
8		
10		

a. Calcula em cada caso a divisão entre os valores da distância e das rotações. O que conclusis?

\_\_\_\_\_

b. Sem programar achas que podes adivinhar qual a distância que o robô percorreria se o programasses para andar em frente durante 6 rotações.

5. Sabias que o tamanho de uma circunferência é aproximadamente o triplo do seu diâmetro?

a. Mede o diâmetro da roda do teu robô e calcula o tamanho da sua circunferência. Usando um fio verifica o cálculo anterior.

\_\_\_\_\_

b. Compara o tamanho da circunferência da roda do teu robô com os valores que obtiveste na última coluna nas perguntas 3 e 4.

c. A que conclusão podemos chegar?



### 5.2.5 Fase 3: Projetos educativos multidisciplinares

Nesta fase, estão enquadrados projetos cuja liberdade de ação é bastante mais pronunciada e cujo objetivo é o uso da Robótica Educativa como ferramenta para potenciar o envolvimento da comunidade educativa, como um todo, para atingir objetivos pedagógicos porventura mais transversais.

Sendo projetos que implicam uma certa maturidade na área de todos os envolvidos, os projetos aqui relatados foram desenvolvidos numa base de decisão caso a caso, dado o enquadramento da turma e discutindo as opções quer com os professores quer com os próprios alunos.

Algumas experiências anteriores da investigadora permitem caracterizar bons exemplos para estas atividades:

- Dramatização de histórias populares, como é o caso dos projetos:
  - **RobôCarochinha (Figura 28)** realizado com alunos de 3º e 4º ano na eb1 de S. Lázaro, no âmbito do projeto de mestrado da investigadora (Ribeiro, 2006);

# *RobôCarochinha*



*Figura 28 - Projeto RobôCarochinha*

- *Os Três Porquinhos* (Figura 29) - realizado por alunos de 6º ano do Conservatório de Música Calouste Gulbenkian (CMCG); Prémio de ficção da conferência Challenges 2011 (Ribeiro, 2007);



Figura 29 - Projeto "Os Três Porquinhos"

- **O Capuchinho Vermelho (Figura 30)** – realizado pelos alunos de 4º ano da Eb1/JI da Póvoa de Lanhoso (Ribeiro, 2007);



*Figura 30 - Projeto "O Capuchinho Vermelho"*

- Participação em competições de Robótica (e.g. RoboParty, Festivais Nacionais de Robótica, etc.) que incluem futebol robótico, busca e salvamento e danças. Neste caso, inclui-se o projeto **"O Manel e a Maria dançam o Vira minhoto"** (2009) desenvolvido no Roboparty com alunos de CEF do Agrupamento Gonçalo Sampaio (**Figura 31**) - 1º Prémio da categoria de dança no evento Roboparty 2009;



*Figura 31 - Projeto "O Manel e a Maria dançam o vira minhoto"*

- Desfiles de moda, espetáculos de dança ou outros afins, incluindo - projetos desenvolvidos na Eb1/JI da Póvoa de Lanhoso e CMCG, em 2007 e 2008;
- Atividades envolvidas nos projetos de turma ou em projetos em curso da escola (e.g. Robôs bombeiro, etc.).

Para além destes, poder-se-ão ainda enquadrar neste âmbito projetos que abordam conteúdos e competências do bloco “estudo do meio”, por exemplo ao nível das ciências físicas e naturais, que tirem partido do ambiente de experimentação e teste de hipóteses proporcionado pela Robótica Educativa. Nesta

fase, os alunos desenvolveram atividades que envolviam os sensores de toque, luz, som e ultrassónico.

Neste trabalho, não foi possível implementar esta fase com os mesmos alunos com os quais foram realizadas as fases anteriores, por circunstâncias de saúde pessoal. No entanto, a experiência da investigadora permite falar de outros projetos com clareza e afinco, afirmando o potencial desta ferramenta no desenvolvimento de projetos educativos multidisciplinares.

Como exemplo ilustrativo, com a participação da investigadora e em paralelo ao estudo realizado, foi criado o projeto “**A Princesa Gualtar**” (**Figura 32**) por educadoras de infância do Agrupamento de Escolas de Gualtar trabalhando de início ao fim com os alunos desde a criação do texto da história, das personagens e de todos os adereços da dramatização. Este projeto nasceu do empenho das educadoras para a dramatização de uma história com robôs. Contudo, como os alunos envolvidos eram muito pequenos e não conseguiam programar os robôs para serem as personagens da história, foi pedido aos alunos do 4º ano do nosso grupo de investigação que programassem os passos para as personagens da história. Em grupo, decidiu-se criar um caminho para os robôs seguirem dentro do percurso estipulado e para isso optou-se por criar uma linha preta para que os robôs não se afastassem deste espaço seguindo o percurso. Cada robô, apesar de seguir a linha, tinha a sua própria programação de acordo com o seu papel na história. Este projeto foi apresentado à comunidade educativa no final do ano letivo com grande sucesso. Ilustramos mais alguns projetos desenvolvidos por nós em atividades de anos anteriores.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Como exemplos adicionais, Os projetos a seguir mencionados foram desenvolvidos ao longo do percurso profissional da investigadora em várias escolas e com vários níveis de escolaridade

**Dança com robôs (2007/08/09)**- Projetos desenvolvidos na Eb1/JI da Póvoa de Lanhoso, CMCG e Jardim de Infância de Gualtar.



Figura 32 - Projeto "A Princesa Gualtar"

## 5.3 Materiais pedagógicos

### 5.3.1 Materiais desenvolvidos para o estudo

Nesta secção, são descritos os materiais pedagógicos desenvolvidos no âmbito do projeto realizado. Estes materiais pretendem constituir-se como um recurso para qualquer profissional nesta área que pretenda desenvolver atividades na aplicação da Robótica Educativa no 1º ciclo do Ensino Básico.

Dada a sua extensão, os materiais utilizados em cada uma das fases e descritos neste documento foram disponibilizados num sítio Web específico

(<http://darwin.di.uminho.pt/teseRE/materiais>). Este está organizado pelas diversas fases do estudo e foi complementado à medida que se prosseguia o desenvolvimento.

À data do estudo, o seu conteúdo incluía:

- ✓ **Pasta “Fase preparatória”:** inclui os materiais a aplicar antes do início do estudo para caracterização dos sujeitos e recolha de dados:

<b>Pasta - Fase Preparatória</b>	
<b>Para os alunos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação sucinta do desempenho escolar dos alunos participantes no estudo;</li> <li>• Questionário prévio aos alunos – caracterização das suas preferências globais, da sua utilização das TIC e das expectativas perante a Robótica e as atividades que vão ser desenvolvidas;</li> <li>• Pré-testes: fichas de diagnóstico na resolução de problemas na área da matemática.</li> </ul>

- ✓ **Pasta “I – Conceitos RE”:** inclui os materiais referentes às sessões da Fase 1 organizada da forma indicada anteriormente.

<b>Pasta I – Conceitos Robótica Educativa</b>	
<b>F1</b>	<b>Apresentação: O que é um Robô?</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guião da sessão</li> <li>• Apresentação multimédia – história e uso dos robôs</li> <li>• Vídeos</li> </ul>
<b>F2:</b>	<b>Construção de robôs com <i>Lego Mindstorms</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guião da sessão</li> <li>• Apresentação multimédia – componentes estruturais do robô</li> <li>• Guião para avaliação da qualidade de construção de um robô</li> </ul>
<b>F3:</b>	<b>Programação no robô</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guião da sessão</li> <li>• Apresentação multimédia – programar no robô</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guião/ficha para os alunos</li> </ul>
	<p><b>Programação usando o software</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guião geral da sessão</li> <li>• Apresentação multimédia – programação no software</li> <li>• Guião de exercícios</li> <li>• Grelhas de avaliação</li> </ul>
	<p><b>Programação usando sensores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guião geral da sessão</li> <li>• Apresentação multimédia – programar com sensores</li> <li>• Guião de exercícios</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Teste a aplicar aos alunos no final das sessões de introdução à Robótica Educativa</li> <li>✓ Grelha de avaliação final do aluno.</li> </ul>	

✓ **Pasta “II – Conceitos Curriculares”**: inclui os materiais referentes às sessões da Fase 2, no que diz respeito ao módulo de resolução de problemas com operações de multiplicação e divisão.

✓ **Pasta “Material Comum”**: material partilhado a usar nas diversas fases:

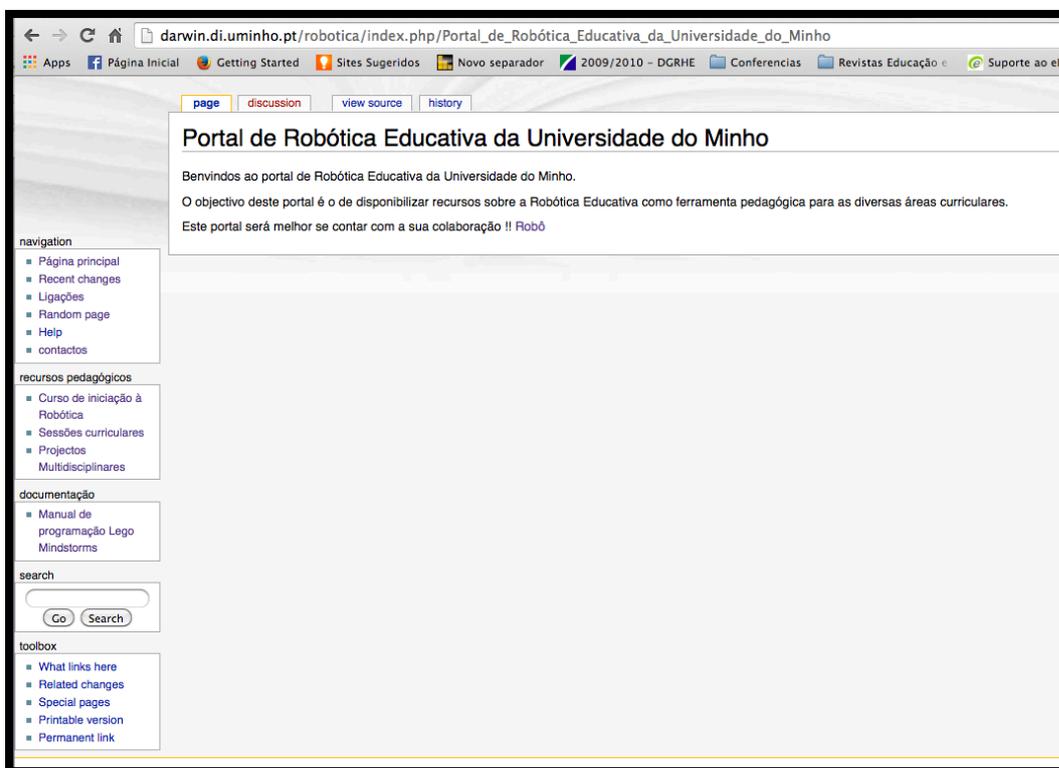
<p><b>Pasta “Material Comum”</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grelha de observação dos comportamentos/attitudes dos alunos em cada sessão (a preencher pelo investigador)</li> <li>✓ Grelha de autoavaliação do aluno no final de cada sessão</li> <li>✓ Diário do aluno, a preencher no final de cada sessão</li> <li>✓ Guião de apoio à observação das sessões (investigador)</li> </ul>
--

### 5.3.2 Materiais complementares

Neste trabalho, pretendeu-se criar e dinamizar uma Wiki para ser utilizada como plataforma de Robótica Educativa e que é disponibilizada em

<http://darwin.di.uminho.pt/robotica>. O objetivo desta Wiki era o de criar um repositório sobre a temática de Robótica Educativa para que, para além dos autores, outros especialistas da área pudessem dar o seu contributo. Foi identificado como principal problema o de desenvolver material que permitisse tirar partido das características da Robótica Educativa, ao nível das competências mais transversais que são identificadas na literatura (e.g. multidisciplinaridade, motivação e entusiasmo revelado pelos alunos), mas ao mesmo tempo que pudesse trabalhar competências específicas das áreas curriculares do Ensino Básico.

A estrutura global do sítio (**Figura 33**) inclui as áreas típicas de um sítio Wiki como a *área de navegação e de ferramentas*. Em paralelo, o portal engloba atualmente as áreas de *recursos pedagógicos* e de *documentação*, mais relacionadas com a temática da Robótica Educativa. Estas incluem, respetivamente, os recursos pedagógicos para o uso da Robótica Educativa por parte de professores e alunos e documentação complementar de índole mais técnica relacionada com a plataforma *Legó Mindstorms*.



**Figura 33 - Página de entrada da Wiki desenvolvida**

A área de recursos pedagógicos inclui aqueles que serão os recursos mais importantes deste sítio, numa perspectiva pedagógica, nomeadamente:

- **Curso de iniciação à Robótica** - conjunto de materiais elaborados para facilitar a implementação de um curso para a aprendizagem dos conceitos básicos da Robótica Educativa ao nível de construção e de programação de robôs;
- **Sessões curriculares** - consta de um conjunto de módulos orientados para temáticas curriculares diversas, que pode ter configurações diversas dependendo das áreas curriculares e das competências a abordar;
- **Projetos multidisciplinares** - ideias e experiências de projetos educativos multidisciplinares envolvendo a Robótica (e.g. danças, competições, dramatização de histórias ou outros projetos sugeridos por professores, inspirados pelos projetos educativos, etc.).

Como os próprios nomes indicam, o conteúdo deste recurso está neste momento alinhado com os materiais desenvolvidos para este trabalho e definidos na subsecção anterior.

## **5.4 Instrumentos de recolha de dados**

### **5.4.1 Princípios gerais e visão global dos instrumentos de validação**

A recolha de dados é uma etapa muito importante em qualquer investigação. Na investigação qualitativa, o investigador tem ao seu alcance vários métodos possíveis para recolher os dados, sendo as entrevistas ou questionários, as observações e os documentos ou artefactos as três formas privilegiadas deste tipo de investigação (Bogdan & Biklen, 1994). O recurso a diferentes fontes de dados proporciona a aquisição de distintas perspectivas dos participantes e através da

triangulação dos dados recolhidos a possível verificação do mesmo fenómeno (Yin, 1994).

Neste estudo, os dados foram colhidos pela investigadora através de *observações diretas e indiretas, questionários, pré e pós-testes e análise de documentos*. Foram também usadas as notas de campo ou diário de bordo, onde se registaram, no final de cada sessão, notas sobre o que de mais importante se passou na atividade.

Os dados relevantes na implementação concreta deste estudo foram recolhidos ao longo do ano letivo de 2010-2011, tendo sido utilizados vários processos para esse efeito:

- A investigadora esteve presente em todas as sessões de trabalho;
- Foram aplicados *questionários preliminares* aos alunos envolvidos no projeto com o objetivo de aferir dos gostos e interesses dos alunos pela escola, pelas disciplinas, pelas tecnologias e pelos robôs de forma a caracterizá-los;
- Foi preenchida uma *ficha de observação* por cada sessão de trabalho. As fichas foram transcritas e transformaram-se num diário de observações que incluía anotações, reflexões pessoais, explicações relacionadas com a Robótica Educativa, transcrição de diálogos e fichas realizadas pelos alunos;
- Foram registadas em *vídeo* todas as sessões de trabalho;
- Foi feita a análise dos *ficheiros* produzidos pelos alunos (e.g. ficheiros de computador com os programas dos robôs);
- Os alunos, depois de cada sessão de trabalho, respondiam a um questionário e elaboravam um *relatório* sobre a atividade em causa;
- No final, foram aplicados alguns *questionários* aos alunos para caracterizar vários aspetos do seu trabalho, incluindo a motivação e as perceções sobre a qualidade do seu desempenho.



atribuem à realidade que os cerca e às próprias ações que mobilizam. Permite ainda, como afirma Bell (1993), averiguar se os participantes no estudo fazem o que dizem ou têm comportamentos iguais aos que asseguram ter.

Nesta investigação, optou-se por praticar a *observação direta* durante a realização das atividades de Robótica Educativa e uma *observação indireta* através da análise dos dados recolhidos por meio de *registos vídeo*. A metodologia seguida foi a da *observação participante e ativa*, onde a investigadora teve sempre interação com os alunos. De acordo com Bogdan e Taylor (1975), a *observação participante* é um tipo de investigação que se caracteriza por um período de interações sociais fortes entre o investigador e os sujeitos, no ambiente destes, sendo os dados recolhidos constantemente durante esse período de tempo levando a que o observador se entranhe pessoalmente na vida das pessoas de modo a partilhar as suas experiências. Algumas das vantagens deste tipo de observação residem em permitir ao observador selecionar, registar e analisar apenas as ocorrências de relevo para o estudo, bem como desenvolver uma relação íntima e informal com os sujeitos do estudo (Bailey, citado por Cohen e Manion, 1990).

### **5.4.3 Registos Vídeo**

O *registo em vídeo* de grande parte das atividades permitiu, com o seu visionamento posterior, captar algumas situações que, devido ao envolvimento da investigadora numa outra tarefa, se poderiam ter perdido.

Neste sentido, Cohen e Manion (1990) destacam três vantagens do registo vídeo no contexto da investigação educativa:

- Proporciona um registo compreensivo dos comportamentos, das atitudes, das reações e dos diálogos ocorridos na intervenção, sempre disponível para análise posterior;
- Melhoram a fiabilidade do estudo;
- Permite que as ocorrências sejam revistas repetidamente.

Neste estudo, os vídeos serviram para poder efetuar a *narração das sessões* e dos principais factos ocorridos, bem como dos diálogos entre os alunos e entre estes e a investigadora. Recorreu-se à gravação vídeo das sessões de modo a captar situações para análise posterior que poderiam passar despercebidas. Foram tidos em conta todos os aspetos relacionados com questões éticas, tendo sido pedidas autorizações aos pais e encarregados de educação bem como ao órgão responsável do agrupamento.

#### **5.4.4 Diário de Bordo e notas de campo da Investigadora**

Neste estudo, a investigadora tomava também o papel de professora e de coordenadora de todas as ações. Sendo um papel complexo, permitia também criar uma certa cumplicidade com os alunos criando assim um vínculo que permitiu ganhar a sua confiança e criar um clima de desinibição. Foi, assim, possível que os alunos pudessem expressar-se sem receios ou restrições durante as sessões **(Anexo I3) (Anexo I4)**.

Para que este relato pudesse ser o mais completo e rigoroso, a investigadora tomava notas durante as sessões e nas horas que se lhe seguiam. Segundo Bogdan e Biklen (1994) a palavra escrita arroga particular importância da abordagem qualitativa tanto para o registo dos dados como para a disseminação dos resultados.

O *diário de bordo* ou notas de campo é constituído pelas notas retiradas pela investigadora após as sessões de investigação. Estas coincidiram com a transcrição das filmagens. De acordo com Bogdan e Biklen (1994) as notas de campo são a descrição do que a investigadora percebe durante a recolha de dados. Como a investigadora teve uma participação direta na investigação, foram usadas as notas de campo como instrumento de recolha de dados que exprimem a sua visão do ocorrido e também da dinâmica que guiou à tomada de decisões sob o modo de desenvolvimento do projeto. Um dos cuidados da investigadora foi observar os fenómenos e registar da forma mais objetiva e imparcial possível, interpretando,

posteriormente, os dados recolhidos. As notas recolhidas por meio da observação devem ter uma parte descritiva e outra reflexiva (Bogdan e Biklen, 1994). A parte descritiva compreende um registo detalhado daquilo que ocorre no campo da investigação: descrição física e aspetos que realçam dos sujeitos, reconstrução dos diálogos, descrição dos locais, dos eventos, das atividades tendo em consideração o próprio carácter temporal e o comportamento do investigador, nomeadamente atitudes, ações e conversas com os participantes. O carácter reflexivo permite ao investigador registar o seu ponto de vista, as suas ideias e as suas preocupações no momento, as suas especulações, sentimentos, problemas, impressões, dúvidas, incertezas, surpresas e deceções.

#### 5.4.5 Questionários

Os *questionários* constituem, de igual modo, um importante instrumento de recolha de informação. Bell (1993) comprova que o investigador, a partir dos dados colhidos por meio da aplicação de um questionário, poderá fazer descrições, comparações e poderá relacionar as respostas obtidas no sentido de encontrar características comuns entre os respondentes. Para Gil (2009) e Silva & Menezes (2001), um questionário compreende uma técnica de investigação, composta por um conjunto de perguntas apresentadas, normalmente, por escrito. O questionário deve ser objetivo e ter instruções que elucidem os seus objetivos, revele a conveniência da participação do indagado e simplifique o preenchimento.

Os questionários podem ser:

- **Abertos** – aquele que se socorre de questões abertas, ou seja, questões em que o indagado pode decidir sem estar delimitado por opções predeterminadas;
- **fechados** – o questionário fechado é formado por perguntas fechadas, em que o investigado é levado a seleccionar a opção que mais se apropria à sua situação;

- **mistos** – os questionários do tipo misto apresentam questões abertas e fechadas.

Os *questionários* usados neste estudo são formados por questões de resposta fechada e aberta. Nas questões de resposta aberta pretendia-se que os alunos fossem capazes de expressar a sua opinião acerca de algum aspeto particular ou justificar uma resposta dada anteriormente.

No início da investigação foi utilizado um *questionário preliminar* como elemento de recolha de dados (**Anexo Q1**). Pretendia-se com este questionário obter informações sobre os alunos, seus gostos pela escola e disciplinas e a utilização das tecnologias por parte dos alunos quer em casa e escola, bem como aferir das expectativas que tinham em relação ao projeto de Robótica Educativa.

No final da investigação aplicaram-se outros questionários (**Anexos Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7 e Q8**) para aferir as opiniões/perceções dos alunos relativamente ao projeto desenvolvido, ao seu desempenho, ao que aprenderam, ao que gostaram e às ferramentas utilizadas. Estes instrumentos foram muito importantes para dar resposta às questões iniciais.

#### **5.4.6 Documentos produzidos pelos alunos**

##### ***Relatórios de autoavaliação da sessões***

Depois de cada atividade ou sessão, os alunos preenchem um *relatório* (**Anexo I1**) onde:

- mostravam o interesse pela tarefa realizada;
- manifestavam se o tempo tinha sido suficiente para a realização da tarefa;
- mostravam se tiveram dificuldades na realização das mesmas e se a informação dada pela professora/investigadora foi suficiente;
- revelavam se estiveram sempre atentos;

- indicavam se tiveram cuidado com o material;
- revelavam se cumpriram as regras de comportamento estabelecidas;
- indicavam se trabalharam bem em grupo;
- diziam se haviam feito sugestões ou críticas;
- indicavam se realizaram as tarefas;
- revelavam se tinham sido autónomos na gestão e desenvolvimento das atividades;
- revelavam se sentiram necessidade de pedir ajuda e ou esclarecimentos;
- indicavam se geriram adequadamente o tempo;
- avaliavam criticamente o seu trabalho.

Os alunos realizaram o *relatório de reflexão* do trabalho desenvolvido, refletindo sobre as possíveis dificuldades encontradas, a forma de as superar, as estratégias utilizadas para a resolução de problemas, críticas relativas a qualquer componente do trabalho, às tarefas a realizar. No início da aula seguinte, os alunos entregavam estes relatórios de reflexão sobre a atividade anterior com críticas acerca dos erros e das lacunas encontradas. Os alunos sempre se mostraram solícitos no que respeita ao preenchimento de questionários e durante todo o processo de investigação em causa.

### ***Diário de Bordo dos alunos***

Depois de cada atividade ou sessão os alunos foram criando um diário de bordo (**Anexo I2**) onde refletiam sobre os seguintes tópicos:

- descrição das tarefas realizadas com os robôs;
- descrição dos principais sucessos;
- descrição das principais dificuldades e tentativas falhadas;
- o que acharam mais divertido e mais aborrecido;

- se tiveram dificuldades em trabalhar em grupo;
- o que aprenderam de novo.

#### **5.4.7 Ficheiros de programação**

Um dos instrumentos mais importantes de recolha de dados no âmbito deste trabalho passou pelos *ficheiros de programação no NXT*, que eram produzidos pelos alunos. À medida que iam progredindo nas suas tarefas, todos os alunos iam guardando os programas que efetuavam. Foram, assim, mantidas as diversas versões dos programas produzidos ao longo do tempo.

Uma análise cuidada da evolução destes programas fornece pistas valiosas para a compreensão da evolução de cada um dos alunos, para o seu estilo de aprendizagem e para a forma como abordaram os diversos problemas que foram surgindo ao longo do processo.

#### **5.4.8 Fichas e testes de programação e matemática**

Ao longo do desenvolvimento das sessões foram exploradas algumas fichas de programação que serviram para avaliar as competências robóticas dos alunos e verificar o desenvolvimento das mesmas. No final de abordar toda a ambientação robótica e antes de passar ao desenvolvimento da resolução de problemas de matemática foi aplicado um teste de programação **(Anexo T1)** para avaliar as competências que os alunos tinham adquirido.

Ao longo das sessões curriculares de matemática os alunos iam desenvolvendo um guião de trabalho elaborado para o efeito **(Anexo S7a)**.

Com o pré-teste e o pós-teste pretendia-se aferir dos conhecimentos e capacidades dos alunos relativamente à área curricular abordada, a matemática, nomeadamente nos tópicos abordados no estudo. Além disso, foi realizado um teste inicial de diagnóstico **(Anexo T0)** que permitiu, na fase preliminar, conhecer os alunos e atribuir-lhes um grupo de acordo com os critérios estabelecidos.

O pré-teste (**Anexo T2**) permitiu caracterizar o conhecimento dos alunos na área da multiplicação e divisão, sendo aplicado quer aos alunos participantes quer ao grupo de controlo.

O pós-teste (**Anexo T3**) foi igualmente aplicado aos dois grupos e permitiu analisar a evolução dos alunos que participaram no projeto relativamente às aprendizagens adquiridas ao longo do desenvolvimento do mesmo. Permitiu avaliar o *grupo experimental* e de *controlo* e analisar as diferenças entre eles e relativamente aos dados do pré-teste.

Para a conceção destes testes foi pedida a opinião dos colegas professores das turmas.

#### **5.4.9 Síntese: a relação dos instrumentos de validação com as questões geradoras**

A figura inicial mostra de uma forma global a estratégia utilizada na validação do estudo, nas suas diversas variantes. Assim, podem dividir-se os instrumentos de validação e recolha de dados de acordo com a questão geradora à qual se pretende dar resposta.

Em relação à **questão Q1**, o grau de motivação e de entusiasmo dos alunos será avaliada essencialmente através de:

- *Observação e registo vídeo das sessões* realizadas e sua análise pela investigadora - a motivação é avaliada pelo interesse, empenho, a maneira como os alunos estão na sala, pela pontualidade e assiduidade; se não querem ir embora depois da tarefa terminar; se cumprem a tarefa; se solicitam ajuda; se mostram capacidade de decisão e opinião; se discutem os processos de resolução de tarefas e se mostram capacidade de gerir conflitos.
- *Relatórios de reflexão* escritos pelos próprios alunos ao longo da intervenção;
- *Questionários* aos alunos no final da intervenção.

No que diz respeito à **questão Q2**, será avaliada a capacidade dos alunos resolverem os problemas propostos nas sessões de iniciação à Robótica Educativa das seguintes formas:

- *Teste a realizar no final da Fase 1*, para avaliar o desempenho dos alunos em tarefas básicas de construção e programação de robôs, podendo caracterizar-se quais as tarefas que os alunos conseguem ou não realizar com sucesso;
- *Análise dos ficheiros de programação* produzidos pelos alunos ao longo de todas as sessões;
- *Observação e registo vídeo* de todas as sessões realizadas e sua análise pela investigadora;
- *Grelhas de autoavaliação* a preencher pelos alunos;
- *Grelhas de avaliação* do aluno durante as sessões a preencher pela investigadora.

Relativamente às **questões Q3 e Q4**, o módulo curricular desenvolvido no âmbito da Fase 2 será avaliado recorrendo a:

- *Pré-teste*: realizado individualmente pelos alunos antes das atividades do módulo, incidindo sobre os conteúdos curriculares e as competências trabalhadas nas sessões. Este teste será também realizado pelos alunos do grupo de controlo;
- *Pós-teste*: realizado após as atividades por todos os alunos (incluindo grupo de controlo), sendo os testes de grau de dificuldade equivalente e com conteúdos similares ao pré-teste.

## **5.5 Contexto do estudo e caracterização dos participantes**

### **5.5.1 Contexto educativo**

O estudo realizou-se com alunos de duas turmas de 4º ano, no Agrupamento de Escolas Gonçalo Sampaio da Póvoa de Lanhoso, numa escola pública do 1º ciclo. Esta escola possuía todas as condições em termos de espaço e de material informático para suportar o estudo. O estudo decorreu desde o mês de novembro de 2010 até junho de 2011 no Centro Educativo António Lopes.

A investigadora trabalhou com estes alunos nas horas das atividades extracurriculares dedicadas ao apoio ao estudo, em sessões de 45 minutos duas vezes por semana, usando-se ainda o tempo de 15 minutos referentes ao intervalo, com a concordância dos alunos. Nesta hora, a turma era separada. Uns alunos mantinham-se com o professor na respetiva sala e os outros iam ter com a investigadora à sala de informática para desenvolverem atividades com robôs. Posteriormente, havia ainda uma sessão extra horário letivo à sexta feira (17h30 – 18h30) por solicitação dos alunos.

### **5.5.2 Seleção dos participantes**

Um estudo de caso não acontece de forma fortuita, mas sim alicerçada em critérios de escolha que admitam aprender o máximo possível sobre o problema em estudo (Abrantes, 1994). Optou-se por uma amostragem criterial com o objetivo de descobrir, compreender e obter conhecimento sobre determinado fenómeno. No estudo interessava mais a qualidade dos informantes, bem como a riqueza da sua expressão, do que a quantidade dos sujeitos (Yin, 1994).

Procedeu-se à seleção da amostra tendo em conta que se procuravam alunos que pudessem fazer parte deste projeto, que estivessem motivados para trabalhar com uma ferramenta educativa inovadora. Pretendiam-se alunos do 4º ano de escolaridade por já terem as competências necessárias para trabalharem com esta ferramenta, nomeadamente alguma fluência tecnológica. De facto, os alunos tinham que ter desenvolvidas as competências necessárias na utilização dos meios informáticos para que pudessem participar neste projeto de investigação. Este será um factor importante a ter em conta na análise dos resultados deste

trabalho, uma vez que uma certa destreza na utilização do computador era um pré-requisito primordial para o trabalho a desenvolver.

A investigadora contactou inicialmente com dois professores titulares de turma do 4º ano. Estes mostraram-se interessados em participar no estudo. Assim, para prosseguir com a seleção dos alunos para o estudo foi importante a colaboração dos professores titulares, tendo em conta os resultados académicos e um teste de diagnóstico de matemática (**Anexo T0**). Depois de aplicar os testes e em discussão com os professores titulares de turma foram escolhidos os alunos que participaram no estudo. Estes foram escolhidos de acordo com alguns critérios de forma a constituir grupos de trabalho.

Os critérios tidos em conta foram os seguintes:

- Formar grupos heterogéneos em termos de conhecimento e destrezas informáticas e sobre o tema em estudo (matemática);
- Garantir uma distribuição equilibrada, igualar o nível de competências informáticas e académicas entre os grupos de trabalho.

Foi, inicialmente, selecionado, a partir do teste diagnóstico e com a ajuda dos professores titulares de turma, um grupo de 15 alunos escolhidos de duas turmas incluindo alunos com dificuldades nas diferentes áreas, particularmente na matemática e outros com bons resultados académicos.

Assim, depois de selecionados os alunos, foi criado um grupo com o qual se desenvolveu o estudo e os restantes alunos das turmas serviram como grupo de controlo ou grupo de comparação, que também foram sujeitos ao pré-teste e ao pós-teste. Assim, como existiam dados de todos os alunos (grupo de estudo e grupo de comparação) foi possível usá-los para aferir o impacto da Robótica Educativa na aprendizagem destas crianças.

Esta amostra criterial do grupo de estudo obedece a determinados critérios:

- Grupo de bons alunos;
- Grupo de alunos razoáveis;
- Grupo de alunos com dificuldades.

Neste projeto, os alunos trabalharam em pares. Um dos objetivos, nem sempre possível de atingir, seria que os pares constituíssem um grupo heterogêneo, ou seja, cada par de trabalho deveria ter um aluno bom e outro com dificuldades para avaliarmos as interações ocorridas e o desenvolvimento das aprendizagens.

Optou-se por esta estratégia por se considerar que seria mais propícia na partilha de saberes, no confronto de ideias e conhecimentos. Sendo o trabalho a pares considerado por muitos como uma estratégia que permite desenvolver bastantes competências tal como a capacidade de argumentar e defender as suas ideias; construir uma justificação para os diversos pontos de vista; criticar as opiniões dos outros e saber ouvir e compreender as ideias dos pares.

### 5.5.3 Caracterização dos participantes

Neste estudo, optou-se por codificar o nome dos alunos para um tratamento mais fácil e preservação do anonimato. Assim, usamos a letra A acrescida do número de aluno (1-15).

No grupo de trabalho do 4º ano participaram 6 raparigas e 9 rapazes. Optou-se por caracterizar o grupo que fez parte da investigação de uma forma geral em vez de cada sujeito individualmente, pois interessava ter uma ideia do grupo de acordo com as competências existentes nas áreas disciplinares, com ênfase na matemática.

Assim, através da auscultação feita aos professores titulares de turma e através dos resultados do teste de diagnóstico de matemática podemos ver as dificuldades de cada um dos alunos que participou no estudo.

O grupo contemplou seis alunos de nível de desempenho elevado (A1; A3; A4; A6; A7; A14), cinco alunos com muitas dificuldades (A5; A9; A10; A12; A15) e, ainda, quatro alunos de nível médio ou satisfatório (A2; A8; A11; A13).

Foram selecionados estes alunos a partir da ficha de diagnóstico de matemática (**Anexo T0**) e do desempenho académico de cada aluno divulgado

pelo professor titular de turma. Esta ficha foi aplicada em novembro de 2010, antes de se iniciar o trabalho de investigação e os seus resultados detalhados serão alvo de análise numa das secções do próximo capítulo.

Os alunos A1, A3, A4, A6, A7 e A14 apresentavam bastantes capacidades cognitivas e bons resultados nas diversas áreas. De acordo com informações dadas pelos professores das turmas, na matemática, revelavam um bom raciocínio e cálculo mental e, ainda, capacidade de resolução de problemas e de domínio de procedimentos. Eram alunos muito aplicados que mostravam empenho e dedicação ao trabalho realizado. Tinham personalidades participativas com bastante autonomia.

Relativamente ao trabalho individual na escola, demonstravam um nível bastante bom nas seguintes vertentes: interesse e participação nas atividades, capacidade de organização e sentido de responsabilidade, imaginação e criatividade, capacidade de pesquisa e reflexão sobre o trabalho realizado e autonomia na realização dos trabalhos.

Analogamente, no trabalho de grupo, revelavam-se igualmente bons ao nível da capacidade de iniciativa, de reflexão sobre o trabalho realizado, de integração e cooperação no grupo, de participação, de autonomia e responsabilidade. Em relação à comunidade, eram crianças bastante sociáveis, tolerantes e respeitadores da diferença, respeitadores das regras e normas de convivência. Revelaram espírito solidário e crítico, sendo capazes de refletir sobre as suas próprias atitudes e comportamentos.

Os alunos A2, A8, A11 e A13 tinham um nível satisfatório no que diz respeito às capacidades cognitivas e resultados académicos embora pudessem manifestar algumas dificuldades em algumas situações. Tinham um raciocínio, um cálculo mental satisfatório e, ainda, uma capacidade de resolução de problemas que lhes permitia desenvolver as atividades de forma aceitável. Demonstravam um nível satisfatório nas seguintes vertentes: interesse e participação nas atividades; capacidade de organização; sentido de responsabilidade; imaginação e criatividade; capacidade de pesquisa; reflexão sobre o trabalho realizado; autonomia na realização dos trabalhos e trabalho de grupo.

Os alunos A5, A9, A10, A12 e A15 apresentavam um nível de desempenho académico pouco satisfatório. Este grupo tinha alunos com bastantes dificuldades nas diferentes áreas académicas, sobretudo na matemática.

Foi aplicado um *questionário preliminar* aos alunos (**Anexo Q1**) que participaram no estudo e que tinha como objetivo obter dados relevantes para poder caracterizar os alunos, bem como conhecer os seus gostos pela escola, pelas áreas disciplinares e pela exploração de uma nova ferramenta tecnológica, sendo os resultados completos apresentados no **Anexo R1**.

Verificou-se que os 15 (100%) alunos *gostam de andar na escola*. Quanto ao gosto pelas disciplinas nucleares 9 (60%) *gosta de português* e 6 (40%) *gosta muito de português*. Relativamente ao estudo do meio, 11 (73%) *gostam muito*. Em relação ao gosto pela matemática, 9 (60%) *gostam muito*, 3 (20%) *gostam* e 1 (7%) *não gosta nada*.

Quanto ao contacto com o computador, 14 (93%) referem que *contactaram com esta tecnologia há dois ou mais anos*. Todos referem que *nunca usam o computador na escola apenas usam em casa*. E destes, apenas 5 referem que *utilizam o computador todos os dias*. De todos os questionados, 8 (53%) *necessitam de instruções por parte dos adultos*, 2 (13%) *precisam de muitas instruções* e 5 (33%) *não precisam de nenhuma instrução* o que nos mostra o seu grau de autonomia.

Com o computador, 11 (93%) *alunos realizam trabalhos de casa*, 10 (67%) *navegam na internet*, 7 (47%) *conversam no chat*, 5 (33%) *acedem ao correio eletrónico* e 15 (100%) *utilizam para jogar*.

Quanto às consultas na internet, 7 (47%) *afirmam utilizar o computador para trabalhos da escola* e o mesmo número refere que *consultam para outras coisas*. Na questão sobre o gosto da aula auxiliada pelo computador, a totalidade refere que *gosta das aulas com computador*, os mesmos *gostam de usar o computador para aprender matemática e outras disciplinas*.

Já nas questões mais direccionadas para o robô e para a robótica, os 15 alunos acreditavam que era possível *aprender matemática e outras disciplinas recorrendo ao computador e ao robô*.

Quanto à realização da tarefa com o robô, 7 (47%) referem *gostar de realizar a tarefa com um colega* por causa de ter companhia, para ensinar coisas que ele não sabe, estar acompanhado, ajudar os outros nas dúvidas e por criar mais confiança enquanto sozinhos não tem tanta certeza, 6 (40%) *gostam do trabalho em grupo* por que consideram que trabalham melhor, é mais divertido e dá para perceber mais sobre o que estão a trabalhar, podem ouvir as respostas de todos os colegas, dar sugestões; e 2 (13,3%) *sozinho* por que aprendem a construir um robô.

Construir um robô é para a maioria – 7 alunos (47%) *um pouco difícil*; para 3 (20%) é *muito difícil*; para 4 (26%) é *fácil e muito fácil* para 1 (6,6%). Em relação à programação de um robô, 7 alunos (47%) *consideram muito difícil* e 5 (33%) *um pouco difícil*. Quanto à capacidade de trabalhar com um robô, 12 alunos consideram que são *capazes de trabalhar com os robôs*.

Quanto ao que consideram ser um robô, os alunos acham que um robô é constituído por metal, plástico, papel e cartão. Outros consideram que é um objeto que se mexe e desenha; uma máquina tecnológica e uma tecnologia avançada, uma máquina cheia de metal formada por várias peças com olhos que parecem binóculos e com pernas, com braços de tubos e que substitui as pessoas.

Em concordância com aquilo que os alunos consideram a *função dos robôs*, foram criadas 5 *categorias* em conformidade com as respostas obtidas, dadas pela **Tabela 9**.

Categorias	Nº ocorrências	Evidências
1. Aprendizagem	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensinar muitas coisas</li> <li>• Ensinar matemática</li> <li>• Serve para nos fazer mais espertos</li> <li>• Conhecer coisas novas</li> <li>• Fazer atividades</li> <li>• Aprender coisas sobre robôs</li> <li>• Fazer cálculos com a cabeça</li> <li>• Estudar</li> <li>• Fazer atividades</li> </ul>

2. Afetividade	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuda</li> <li>• Fazer companhia a quem está sozinho</li> <li>• Ser nosso amigo</li> <li>• Arranjar amigos</li> </ul>
3. Lazer/brincadeira	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para brincar connosco</li> <li>• Correr</li> <li>• Jogar à bola</li> </ul>
4. Social	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer atividades</li> <li>• Ser nosso amigo</li> <li>• Arranjar amigos</li> <li>• Fazer companhia a quem está sozinho</li> <li>• Jogar à bola</li> <li>• Ajuda</li> <li>• Levar coisas muito pesadas</li> <li>• Saltar à corda</li> </ul>
5. Ajuda/interajuda	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajudar pessoas nas suas vidas</li> <li>• Fazer certos trabalhos difíceis</li> <li>• Ser empregado</li> <li>• Levar coisas muito pesadas</li> </ul>

**Tabela 9 - Categorias das respostas mencionadas pelos alunos no questionário preliminar (Q1)**

Ainda dentro do *questionário preliminar* foi feita uma *questão aberta* onde os alunos deveriam referir o que *esperavam da atividade que iam realizar com os robôs*; o que era para eles um robô e para que serve; como construir e programar um robô; o que gostaram de aprender a fazer com eles e se estavam entusiasmados com a atividade. Para análise desta questão criámos uma tabela com algumas categorias que emergiram na análise do conteúdo das respostas dos alunos (**Tabela 10**).

Categorias		Nº de ocorrências	Evidências
O que é um robô		8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma tecnologia</li> <li>• Objeto que se mexe e desenha</li> <li>• Tecnologia avançada</li> <li>• Máquina de metal</li> <li>• Formado por várias peças</li> <li>• Os olhos parecem binóculos e tem pernas e braços de tubos.</li> <li>• Pessoa feita de ferro e outros metais</li> <li>• Máquina diferente das outras</li> </ul>
Para que serve um robô		17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensinar muita coisa</li> <li>• Fazer companhia (a quem está sozinho)</li> <li>• Ensinar matemática</li> <li>• Brincarmos</li> <li>• Tornar-nos mais espertos</li> <li>• Fazer atividades</li> <li>• Arranjar amigos</li> <li>• Aprender coisas sobre robôs</li> <li>• Ser nosso amigo</li> <li>• Jogar à bola</li> <li>• Fazer cálculos</li> <li>• Levar coisas pesadas</li> <li>• Serve de pessoa que trabalha mais rápido do que o computador</li> <li>• Para estudar</li> <li>• Ajudar as pessoas nas suas vidas</li> <li>• Programa-se para fazer certos trabalhos</li> <li>• Serve para ser empregado.</li> </ul>
Categorias	Subcategorias	Nº de ocorrências	Evidências
Expectativas sobre a atividade de RE	Lúdica	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• coisas engraçadas e divertidas</li> <li>• fixe</li> <li>• bonita</li> </ul>
	Inovadora	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• coisas novas</li> </ul>
	Aprendizagem	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ajude a melhorar na matemática</li> <li>• vai ensinar muitas coisas</li> <li>• saber mais sobre robótica</li> </ul>
	Ansiedade	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• estou “morto” para fazer um robô</li> </ul>
	Falta de confiança	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não será muito fácil</li> </ul>

<b>Categorias</b>	<b>Nº de ocorrências</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Construção</b>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir com calma e paciência</li> <li>• Construir é fixe</li> <li>• Constrói-se com Legos</li> <li>• Constrói-se com ferramentas</li> </ul>
<b>Programação</b>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar é difícil</li> <li>• Programa-se devagar nos botões</li> <li>• Programar precisa de muita informática e saber mexer no computador.</li> </ul>
<b>O que gostarias de aprender com os robôs</b>	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais informática</li> <li>• Falar com os robôs (linguagem deles)</li> <li>• Robô que desenhe</li> <li>• Aprender tudo sobre robôs</li> <li>• Jogar futebol</li> </ul>
<b>Entusiasmo com a atividade de RE</b>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “morto” que ele venha</li> <li>• contente</li> <li>• curioso com a atividade</li> <li>• muito entusiasmado.</li> </ul>

**Tabela 10 - Categorias das respostas mencionadas pelos alunos no questionário preliminar (Q1) (Questão 18)**

Seguidamente apresentamos uma tabela síntese das questões de investigação e respetivos instrumentos que permitiram dar resposta a cada uma delas (**Tabela 11**).

Fases	Questões de Investigação	Instrumentos																								
		OP	RV	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	Questionários								Testes matemática			Ficha de programação	Teste de programação	
													Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	T0	T2	T3	T4	T1	
Fase 1	Q1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
Fase preparatória	Q2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	
Fase 2 Resolução de problemas	Q3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										x	x	x			
	Q4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x	x	

OP - observação participante  
 RV - registo vídeo  
 I1 - Autoavaliação de cada sessão  
 I2 - diário do aluno  
 I3 - guião de apoio a observação e reflexão de aulas  
 I4 - guião de observação das sessões  
 I5 - observação dos comportamentos dos alunos  
 I6 - grelha de observação dos alunos  
 I7 - Grelha de avaliação de competências  
 I8 - grelha de avaliação software  
 I9 - critérios de avaliação do robo  
 Q1 - questionário preliminar  
 Q2 - Questionário 2 - avaliação do software  
 Q3 - Questionário 3  
 Q4 - Questionário 4  
 Q5 - Questionário 5  
 Q6 - Questionário 6  
 Q7 - Questionário 7  
 Q8 - Questionário 8  
 T0 - Ficha de diagnóstica de matemática  
 T1 - Teste de programação  
 T2 - Pré teste de matemática - 4º ano  
 T3 - pós teste de matemática  
 T4 -Ficha de programação

Tabela 11 - Síntese das questões e respetivos instrumentos

## **6. Apresentação dos resultados**

### **Sumário**

*Este capítulo pretende apresentar os resultados obtidos no decorrer deste trabalho de investigação, através da aplicação do estudo definido no capítulo anterior a um grupo de alunos do 4º ano de escolaridade. Na secção inicial será apresentado o contexto socioeducativo do estudo e serão caracterizados os alunos participantes. Seguir-se-á uma descrição pormenorizada do trabalho de campo realizado com os alunos, sendo narrados pela investigadora os eventos considerados mais relevantes. Na derradeira secção, serão apresentados e analisados os resultados obtidos a partir da aplicação dos distintos instrumentos de recolha de dados usados.*

## 6.1 Trabalho de campo

Dado tratar-se de um estudo de índole descritiva e interpretativa, a investigadora teve sempre a preocupação de guardar descrições detalhadas de todos os pormenores que considerou pertinentes para a análise dos resultados do estudo. As atitudes e os comportamentos dos alunos envolvidos, bem como toda a sua evolução ao longo da intervenção foram cruciais para a análise e discussão dos dados apresentados.

Tal como sugerem Bogdan e Biklen (1994), depois da conclusão do estudo dever-se-á efetuar a narração dos factos tal como se observam. Assim, ir-se-ão descrever nesta secção as principais ocorrências ao longo da investigação. Esta descrição pormenorizada permitirá à investigadora encontrar dados valiosos, capazes de responder às questões em estudo. Optou-se por incluir expressões/comentários dos alunos proferidos ao longo do estudo por se reconhecer a sua extrema importância, sendo estes diálogos com a investigadora devidamente identificados no texto.

De acordo com o explanado anteriormente, esta secção pretende ver descrita a evolução das atitudes, dos comportamentos e das competências desenvolvidas pelos alunos ao longo do projeto de investigação. Esta será organizada pelas distintas fases do projeto, de acordo com as sessões incluídas em cada uma delas. Neste ponto, é propósito descrever a concretização do projeto desenvolvido com o intuito de fornecer uma ideia dinâmica das atividades exploradas pelos alunos e a forma como eles a experienciaram. As descrições efetuadas em seguida tiveram por base os registos vídeo, os diários de bordo e as notas de campo organizadas pela investigadora, descritos na **secção 5.4**.

### 6.1.1 Fase 1: aprendizagem dos conceitos básicos de robótica

#### **Sessão 1 - História e usos dos Robôs – o que é um robô - (Anexo S1)**

A investigadora começou por mostrar uma apresentação em PowerPoint sobre a plataforma *Legó Mindstorms* (**Anexo S1a**) e colocar algumas questões sobre a temática para aferir das opiniões e ideias que os alunos detinham sobre os temas da robótica e dos robôs. Todos mostraram curiosidade relativamente à forma e ao tamanho que o robô iria apresentar no final da construção.

A investigadora foi colocando questões para apurar a sensibilidade de cada aluno perante o tema da Robótica e à medida que ia fazendo questões ia fomentando a discussão em torno das mesmas. Assim, começou por colocar a primeira questão **“O que é para vós um robô?”**. Perante esta questão todos os alunos puderam dar a sua opinião sobre aquilo que pensavam ser um robô. Surgiram respostas dadas pelos alunos como as que se seguem:

- A1** - *É tipo uma pessoa que é feita de ferro ou outros objetos e que serve para estudar ou brincar.*
- A4** - *Robô é uma pessoa feita de ferro e é eletrónica.*
- A8** - *Robô é um tipo de computador que dá para guardar as memórias de coisas.*
- A3** - *É uma tecnologia feita de metal que guarda as memórias.*
- A12** - *É uma coisa que os cientistas e estudantes de matemática criaram.*
- A2** - *É uma máquina que tem tipo um cérebro que ajuda as pessoas no seu dia-a-dia*
- A10** - *É uma pessoa ... é preciso projetá-lo.... construí-lo e meter-lhe as peças que são mesmo para encaixar.*
- A4** - *O robô é uma máquina que serve para ajudar as pessoas no que elas precisarem.*
- A5** - *Um robô é tipo um computador humano que faz ações humanas mais rapidamente.*
- A14** - *Um robô são várias peças de encaixe que depois dá para fazer várias coisas.*
- Investigadora: Se eu encaixar várias peças de qualquer coisa tenho um robô?**
- A14** - Não. Não pode ser um lápis com uma caneta... tem de ser peças que encaixem.
- Investigadora - Tens umas peças da Legó em casa, se as encaixares umas nas outras obténs um robô?**
- A14** - Não. (não conseguiu explicar mais)
- A7** - *Máquina que dá para fazer coisas... tipo fazer cálculos.*
- A9** - *Uma máquina que serve para nos ajudar.*

**A6** - Uma máquina que pode ajudar os velhinhos.

**A5** - Uma máquina que ajuda as pessoas e fazer coisas como jogar.

**A10** - O robô é construído com um livro de instruções para seguir para ver como é que se monta, para sabermos como é que ele se projeta, como é que ele vai ajudar as pessoas e no computador tem de se passar para a memória do robô o que ele vai fazer no dia-a-dia.

**A6** - Os robôs têm uma função própria para ... uns servem para dona de casa, para muitas coisas.

Depois desta discussão, avançou-se para a questão seguinte como se pode verificar no diálogo seguinte.

**Investigadora: Então, o que será a robótica?**

**A12** - É ensinar aos robôs o que se deve fazer.

**A6** - Parecida com uma casa onde tem robôs e cientistas que ensinam o que se deve fazer.

**A2** - Constrói-se robôs.

**A5** - Tipo programar robôs.

**A7** - É onde se constrói os robôs e com eles aprende-se a fazê-los.

**A4** - Fábrica de cientistas onde estão os robôs.

**A11** - Fábrica que constrói robôs, aprendemos a programá-los e eles ajudam-nos a fazer algumas coisas.

**A10** - A robótica é uma coisa que se trabalha... tipo com a eletricidade, tem de se programar para eles funcionarem e também tem de se projetar um robô.

**A5** - Robótica é um sítio onde aprendemos a fazer robôs.

**A7** - A robótica é tipo um.... conjunto de peças e fios que permitem aos robôs fazerem o que nós quisermos.

**A14** - A robótica é um sítio onde se pesquisa e investiga sobre os robôs.

**A5** - A robótica é um sítio onde nós podemos encontrar e aprender as coisas dos robôs.

**A14** - É um sítio onde descobrimos mais coisas e nos ensinam nas nossas dificuldades.

**A11** - A robótica é uma espécie de computador que nos ajuda a saber mais sobre os robôs, como programá-los, como construí-los.

**A15** - A robótica é um sítio onde podemos encontrar pessoas robôs.

**A10** - A robótica é a tecnologia tipo computadores, máquinas e robôs.

Dado algum tempo para esta discussão, a investigadora colocou a questão seguinte: **“Quais serão as leis da Robótica?”**. Perante esta questão, alguns alunos tentaram dar a resposta.

**A12** - Não matar pessoas (risos). Não fazer asneiras. Não ser contra as pessoas.

O aluno **A12** esteve, assim, próximo da verdadeira definição das 3 leis.

**Investigadora: Onde foste buscar essas ideias?**

**A12** - À cabeça...

**A12** - Ser esperto. Ser inteligente. Saber matemática, saber respeitar, ser bom para as pessoas.

**A10** - É preciso saber mexer um bocado em computador.

**A6** - Saber matemática.

**A11** - Ter paciência para... se nós nos enganarmos a construir o robô ou tivermos que desmontar tudo e saber matemática.

**A10** - Saber matemática, saber construir um robô e projetá-lo.

**Investigadora - O que entendes por projetar?**

**A10** - Tentar por a memória a funcionar.

**A6** - Isso é programar.

**A6** - Saber um pouco de tecnologia, saber um pouco de cada disciplina.

**A11** - Saber matemática, saber mexer em computadores e noutras tecnologias.

O aluno **A10** chega à conclusão de que projetar significa programar.

**Investigadora - Já viram um robô? Onde já viram um robô?**

**A6** - Science Museum em Londres.

**Investigadora - Como era esse robô?**

**A6** - Era pequeno andava a volta.

**A11** - Vi na EB2,3 no final do ano com os finalistas de 9º ano alunos de CEF's. (projeto onde colaborámos)

**A6** - Vi na televisão no Telejornal... uns alunos universitários a fazer robôs que jogavam futebol (Roboparty).

**Investigadora - Onde podemos encontrar um robô? Será que no nosso dia-a-dia podemos encontrar um robô ou alguma coisa que parece que tem robótica?**

**A12** - Nos cientistas, nas fábricas... na robótica.

O diálogo prosseguiu:

**Investigadora - O que é a robótica?**

**A12** - É aquilo em que nós estamos.

**A7** - Fábrica onde os cientistas fazem os robôs.

**A6** - Em centros de robótica.

**Investigadora - O que é isso?**

**A6** – É onde se estuda robôs, se programam e fazem.

**A13** – Numa escola de ciências também tem robôs.

**A6** – Nos museus e lojas de eletrodomésticos.

Depois destes diálogos, a investigadora avançou com outra questão, procurando caracterizar as funções dos robôs.

**Investigadora - Que tipo de trabalho é que um robô pode fazer?**

**A1** - Cozinhar, arrumar e brincar connosco.

**A4** - Jogar à bola, brincar.

**A6** - Dançar, acompanhar a estudar.

**A3** - Ajudar a pesquisar sobre a matéria.

**A14** - Limpar a casa, ajudar nos deveres ou trabalhos.

**A12** - Se eu lhe pedir para fazer qualquer coisa ele faz.

**Investigadora - Ele percebe a tua linguagem? Se disseres “robô quero que vás para ali”, ele vai?**

**A1** - Não.

**A5** – Jogar, brincar

**A11** – Jogar a bola, fazer coisas de matemática, servir as pessoas doentes.

**A10** – Ajuda a apertar e desapertar parafusos em qualquer coisa.

**A6** – Pode dar respostas a testes de ciências, físico-química, matemática. Pode fazer trabalhos domésticos, fazer aquilo que as pessoas quiserem.

**A13** – Jogar à bola, outro tipo de trabalhos práticos.

**A6** – Pode fazer trabalhos humanos. Normalmente trabalhos domésticos e cálculos. Mas há alguns que se programam para divertimentos, desportos.

**A14** – O que eu gostava de ter era um que me fizesse os trabalhos de casa (risos). Que ajudasse a trazer a mochila para a escola. Eu ficava em casa e ele vinha para a escola na minha vez.

**A5** – Fazer trabalhos domésticos, brincadeiras connosco e ajudar-nos em algumas situações que nós precisármos.

**A14** – Ajudar, divertimento, tipo educativo.

O diálogo prosseguiu tentando caracterizar as capacidades dos robôs:

**Investigadora - Que informação pode ter um robô?**

**A6** - Informação de tudo.

**A7** - Temos que os ensinar a jogar futebol, a desenhar...

**A14** – Pode ter informações sobre o que devemos tomar quando estamos doentes. Quando precisarmos de ajuda nos trabalhos de casa, é só perguntar que eles respondem-nos. Perguntar onde é que as pessoas estão e eles respondem-nos. Eu gostava que eles previssem o tempo, assim sabia que roupa iria vestir de manhã. Devia dizer-nos se íamos ter teste surpresa nesse dia.

**A6** – Pode conter informação científica, meteorológica, física.

**A13** – Contém muitas informações como se hoje o dia vai correr bem ou mal, se o Benfica vai ganhar (risada total).

**A6** – Pode conter informações sobre o passado como era, como é que se falava, se os trabalhos que fazemos para a escola estão corretos. Se o nosso coração bate corretamente e se o nosso corpo está bem de saúde. Se os t.p.c. estão corretos.

#### **Investigadora - Será que um robô vê?**

Todos – Sim.

**A12** – Quando eles vão para a parede, eles não se espetam, têm um sensor. (referiu-se aos olhos do sensor ultrassónico, dando o nome de sensor de movimento).

#### **Investigadora - Como acham que ele vê?**

**A12** – Com uns aparelhos que parecem olhos

**A7** - É parecido com binóculos

**A6** - Com o sensor, se lhe aparece uma coisa à frente ele vira.

**A13** - Veem por “chip”.

**A14** – Tem olhos que são uns buracos com lentes

**A6** – Tem umas lentes e uma espécie de binóculos para aproximar as coisas que estão mais longe. Lentes que tem dentro, tipo um espelho que serve para ver o que está para dentro.

**A11** – Acho que só veem a cor vermelha.

**A13** – Também acho que veem por infravermelhos.

#### **Investigadora - Como é que os robôs detetam movimento?**

**A12** - Por sons.

**A4** - Sensor de movimento.

**A3** - Tem os olhos.

**A12** - Detetam o movimento com o cheiro.

**A13** – Tem sensores de movimento e detetam movimento.

**A6** – Com o ar que nós fazemos ao andarmos eles sentem o movimento e eles pensam que alguém está à sua frente.

**A14** – Pelos sons que emitimos ao andar.

**A6** – Porque nós fazemos um movimento qualquer.

**Investigadora - Como se movem os robôs?**

**A12** – Pés, rodas, a voar.

**A15** – Movem-se através da eletricidade (1ª vez que o aluno responde).

**A5** – Move-se com as rodas que ele tem.

**A6** – Movem-se com as rodas tipo aquelas máquinas das obras (Caterpillar) e com um comando programa-se onde queremos que os robôs vão.

**A5** – Movem-se através das rodas, parece uma dança

**A14** – Movem-se com as lagartas fazendo gestos.

**Investigadora - O que são sensores?**

**A1** - Visão,

**A12** - Sensor dos pés,

**A3** - Sensor do movimento.

**Investigadora - O que são motores?**

**A4** - Fazem os movimentos que ele quer.

**A6** - Comunicar

**A7** - Bateria.

Depois de exploradas todas as questões anteriores com os alunos, para avaliar os seus conhecimentos sobre a robótica, passou-se à fase de lhes dar respostas mais completas às mesmas questões. Deste modo, os alunos puderam concluir que a maioria das suas respostas estavam distantes da realidade, embora tenha havido quem se aproximasse de respostas corretas a algumas das questões.

**Sessão 2 - Introdução ao kit de Robótica Educativa da Lego Mindstorms e às peças de construção**

A fase seguinte incluiu 2 sessões para proceder à construção dos robôs usando o kit de peças da *Lego Mindstorms*. No início, estavam todos entusiasmados com a tarefa que tinham em mãos. Nesta primeira sessão (**Anexo S2**), foi mostrado o material do kit e explicada a sua funcionalidade. Através de uma apresentação em PowerPoint (**Anexo S2a**), os alunos ficaram a conhecer os componentes

estruturais do robô e cada peça, a sua utilidade e funcionalidade. Foi apresentado aos alunos o *NXT* como sendo um pequeno computador. Depois passou-se à descrição das restantes peças, tais como motores e sensores.

Muitos alunos já tinham trabalhado com *Legó*, contudo, havia outros que nunca o tinham feito. Para perceber se os alunos estavam a par da sessão e a compreender toda a informação a investigadora lançou a seguinte questão: **Qual será o objetivo de trabalhar com as peças da *Legó* e com os robôs?**

Depois de lançada a questão os alunos puderam dar a sua resposta de acordo com o seu pensamento e conhecimento sobre a área. As respostas seguintes dadas pelos alunos ilustram essa tarefa.

**A12** – Aprender matemática

**Investigadora** - Porquê?

**A9** – O robô gosta de matemática. É inteligente.

**Investigadora** - Com os robôs aprendemos matemática? Porquê?

**A12** – Sim. Tenho de fazer contas para o construir.

**Investigadora** - Que contas?

**A12** - Contar as buchas, os pneus...

**Investigadora** - Acham que tem mais matemática?

**A12** – Fazer contas com a cabeça do robô.

Depois destas respostas tão interessantes e próximas da realidade, a investigadora referiu que com os robôs se podem trabalhar “contas, divisões, ângulos, medir a temperatura de casa e da sala e medir cores” (tarefas que podem ser exploradas na área de estudo do meio).

**A2** – Se tivermos dificuldades os robôs ajudam-nos.

**Investigadora** - Achas que se tiveres dificuldades ele te vai ajudar?

**A12** – Não.

**A7** – Sabes falar a língua dele? (Interveio outro colega).

**Investigadora** – **Porque acham que estamos com estas peças da *Legó*?**

**A6** - Para aprender mais matemática

**A9** - Para aprender como se faz um robô para depois ensinarmos aos nossos pais.

### **Sessão 3 - Construção de robôs**

Na sessão seguinte (**Anexo S3**), os alunos tiveram contacto com as peças do kit. Cada aluno pode ter na suas mãos as pequenas peças e verificar para que serviam à medida que as manuseavam e exploravam de acordo com o manual.

Os alunos formaram grupos de dois elementos e iniciaram o processo de construção dos robôs. Colocaram-se as caixas com as peças na sala para os alunos construírem os robôs auxiliados com o manual que acompanha o kit.

Foi distribuído um manual para cada grupo de dois alunos para que eles realizassem o processo de construção do robô. A investigadora sugeriu que todos construissem o robô seguindo o manual e indicou que futuramente poderiam ser feitas alterações ou poder-se-ia reconstruir o robô de acordo com as ideias dos alunos. Optou-se por esta solução porque os alunos nunca tinham tido contacto com este kit e iria demorar bastante tempo até conseguirem construir um robô sólido e robusto de forma a dar resposta às necessidades futuras na exploração do projeto. Deste modo, os alunos construíram de forma mais fácil e rápida o robô de que necessitavam para prosseguir o trabalho. Cada um pode perceber a maneira de construir e a necessidade de saber utilizar cada peça.

A investigadora explicou o procedimento a tomar com base no manual do kit. Foi distribuído, a todos os grupos, o *NXT* (“cérebro do robô”) e foi-lhes mostrado um robô já construído para todos verificarem o aspeto que o seu robô teria no final. Todos gostaram do exemplo do robô por ter rodas e se assemelhar a um carro.

Inicialmente, foi posto o *NXT* em cima das mesas mas os alunos estavam muito curiosos por saber como este se ligava e o que fazia, obrigando a investigadora a retirá-lo das mesas e só o devolver quando a estrutura assim o exigiu.

Verificaram-se os materiais necessários para iniciar o processo de construção, dado que em cada página estavam as peças necessárias a cada passo do módulo de construção. Assim, cada elemento de cada grupo ia buscar as respetivas peças de encaixe de acordo com o apresentado na página de montagem.

Nesta sessão, foi possível contemplar o entusiasmo dos alunos e orgulho com o resultado final. Notava-se pelos seus comportamentos o grau de entusiasmo e satisfação com a manipulação das peças para a construção dos protótipos.

À medida que era necessário ir buscar mais peças, os elementos do grupo iam alternando. Em todos os grupos de trabalho, verificaram-se discussões entre os alunos de forma a tomarem decisões na colocação das peças. Dado tratar-se de peças muito pequenas, os alunos tinham alguma dificuldade em descobrir a peça certa para cada passo. Alguns tinham dificuldade em encaixar e desencaixar as peças quando erravam. A transferência do manual para o real nem sempre era trivial, não percebendo os alunos em que buraco deveriam colocar cada cavilha.

Alguns alunos solicitaram ajuda para verificar se o seu procedimento estava correto. Outros, porém, não conseguiram completar a construção, iam acumulando peças não sabendo onde nem como as colocar.

Nesta fase, pode observar-se que alguns alunos mais capazes saíam do seu grupo de trabalho para ajudarem os elementos dos outros grupos que tinham mais dificuldades, enquanto os seus colegas tomavam conta da sua construção. O aluno **A6** mostrava-se muito concentrado na sua tarefa e o aluno **A13** referia “temos que treinar”. Os alunos manifestavam a sua alegria quando conseguiam encaixar as peças de forma correta e de acordo com as instruções. Os alunos **A14** e **A15** não estavam a colocar as peças devidamente. Outro grupo referiu que eles estavam “a construir à sorte”. O aluno **A6** foi o primeiro a conseguir terminar a sua tarefa com sucesso.

Nesta tarefa, os alunos mostraram-se bastante envolvidos no trabalho. Para eles, era algo novo e a vontade de ver o robô montado era enorme. Os alunos assinalados pelos professores como alunos com mais dificuldades revelaram-se os mais interessados e os que terminavam mais rápido cada passo da tarefa de construção.

O aluno **A12** era um aluno com necessidades educativas especiais e a sua área curricular mais fraca era o Português, sendo um aluno com imensas dificuldades na aquisição da leitura. Contudo, era dos que mais participava na aula,

era o mais rápido a construir e, ainda, ajudava a distribuir peças aos outros com mais dificuldades ajudando-os na construção do robô. O grupo dos alunos **A3** e **A4** mostrou-se muito empenhado e realizou a tarefa com muito sucesso, com rapidez e sem ajudas de outros pares e investigadora.

Nesta atividade, o papel da investigadora centrava-se num papel de mediadora verificando se todos construía o seu protótipo de acordo com as peças específicas e ajudando quem tinha dificuldades.

Os alunos mostraram muito empenho e entusiasmo na tarefa não querendo sair da sala quando terminava a hora estipulada. Não se incomodavam que fosse hora de intervalo ou de recreio, preferiam ficar dentro da sala a dar continuidade ao trabalho.

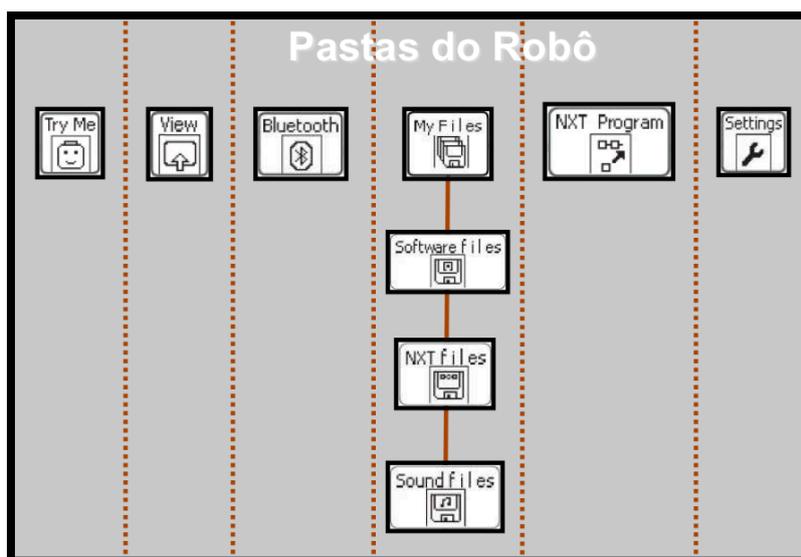
Depois desta etapa alcançada, momento em que todos os alunos tinham o seu protótipo robótico construído, deu-se um momento de grande algazarra e excitação devido à curiosidade dos alunos em mexer nos robôs. Assim, perante tanta curiosidade, a investigadora permitiu que os alunos explorassem de forma autónoma os robôs durante algum tempo. É claro que esta experiência foi motivo de risota e galhofa por que os robôs tinham programas de outras atividades e começavam a andar de forma descontrolada. Este aparato provocava nos alunos gargalhadas e vontade de brincar com os robôs.

#### ***Sessão 4 - Programação no robô***

Nesta etapa, cada par de alunos já tinha o seu robô construído e pronto a ser utilizado nas sessões. Agora era o momento de aprenderem a explorar o robô de forma a que ele agisse de acordo com as suas orientações. Esta fase implicava aprender a programar o robô. Inicialmente, os alunos tiveram contacto com os menus do *NXT* e como programar o robô diretamente através dos seus menus. Nas sessões seguintes (5 e 6), os alunos puderam explorar o software e aprender a programar os robôs.

A investigadora começou a sessão (**Anexo S4**) por explicar o que é a programação e para isso socorreu-se da apresentação em PowerPoint (**Anexo S4a**) dizendo que a programação pode ser feita diretamente no robô com passos muito simples, sendo a outra forma de programar no computador com um software próprio e que seria explorada mais tarde.

Depois desta breve explicação, a investigadora pediu a cada grupo que fosse buscar o robô que construiu anteriormente, para a partir daí poder aprender a explorá-lo e a programá-lo. Inicialmente, houve uma explicação da funcionalidade de cada ícone dos menus do robô. Para isso a investigadora pediu que carregassem no botão laranja para ligarem o robô. Depois de ligarem o NXT, apareciam vários ícones do menu para serem explorados. A investigadora pretendia que os alunos explorassem a pasta “*My Files*” (**Figura 35**).



**Figura 35 - Pastas existentes no robô NXT**

Ao mover as setas surgem outros menus “*Try Me*”, “*View*”, “*Bluetooth*”, “*NXT Program*”; “*Settings*”. Selecionando “*My Files*” esta pasta tem outras subpastas: “*Software files*”, “*NXT Files*” “*Sound files*”. Depois de apresentar os menus anteriores, a investigadora passou a explorar a funcionalidade de cada uma destas pastas e subpastas.

No Menu “*Try Me*”, os alunos puderam aceder a programas que já estão predefinidos. Dentro desse menu puderam explorar o “*Try touch*”, “*Try sound*”, “*Try light*”, “*Try ultrasonic*”.

No menu “*Try touch*” ao premirem o botão laranja e seguidamente o sensor de toque puderam verificar a reação do robô (fez um som e apareceu no *display* uma imagem).

No “*Try sound*”, quando experimentaram os robôs, todos riram pelo facto deles andarem em frente e cada vez mais depressa. À medida que os alunos se riam os robôs andavam ainda mais depressa, pois o sensor de som ao detetar ruído na sala fazia com que os motores andassem mais rapidamente. A investigadora pediu aos alunos para fazerem silêncio absoluto para fazer um pequeno teste. À medida que ia subindo o tom de voz enquanto falava, os robôs começavam a andar cada vez mais rápido.

No “*Try ultrasonic*” à medida que a investigadora aproximava e afastava a mão do sensor o robô fazia sons em crescendo e diminuendo.

O menu “*Try light*” permitiu explorar o sensor de luz medindo várias cores. Assim, à medida que se projetava o sensor para um qualquer objeto, o robô fazia sons diferentes consoante se tratasse de cores claras ou escuras.

Depois passou-se à exploração do menu “*View*” que é o menu que permite testar os sensores. O sensor de som permite ao robô medir a percentagem (%) de ruído no local. Todos os alunos começaram a fazer ruído para medirem o som. Depois todos em silêncio mediram o som que o robô encontrava no ambiente. Apesar de estar tudo em silêncio, o robô registou cerca de 2% de ruído. Foi explicado aos alunos que pelo facto dos computadores estarem ligados e a fazer um pequeno ruído o robô conseguia detetar esse som. Os alunos puderam explorar o sensor à medida que este detetava os sons e os media em decibéis quer se tratasse de sons graves ou agudos. O robô consegue detetar sons que o ouvido humano não deteta. Assim, deteta em modo “*dba*” aqueles sons que o ouvido humano também consegue detetar e ainda em modo “*db*” aqueles sons muito graves ou muito agudos que os humanos não conseguem ouvir.

Um aluno (A6) fez uma questão muito interessante. Se deixasse os alunos sozinhos na sala com o robô, a professora poderia saber se a turma tinha feito barulho ou se se teria mantido em silêncio. Perante esta questão, a investigadora exemplificou que há casos em que os professores colocam um robô num extremo da sala e com uma linha no meio a dividir o que é um ambiente silencioso e um ambiente ruidoso. Se o robô ultrapassar essa linha significa que a turma esteve pouco silenciosa. Foi acordado um ponto na sala que era a meta para considerarmos a turma bem comportada, se ultrapassasse esse ponto era sinal de que a turma tinha feito muito barulho na sala. Testaram-se as duas maneiras... Uma com o máximo de silêncio na sala e outra com os alunos à vontade. Os alunos concluíram que o robô indicou à professora quando é que eles tinham tido um comportamento correto na sala e quando não tiveram. A pasta “My files – software files” – inclui os programas que se vão colocando no robô (**Figura 36**).

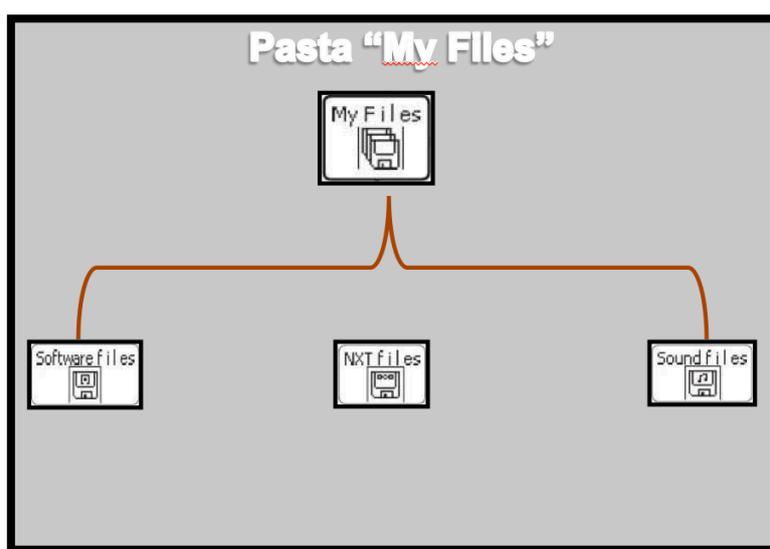
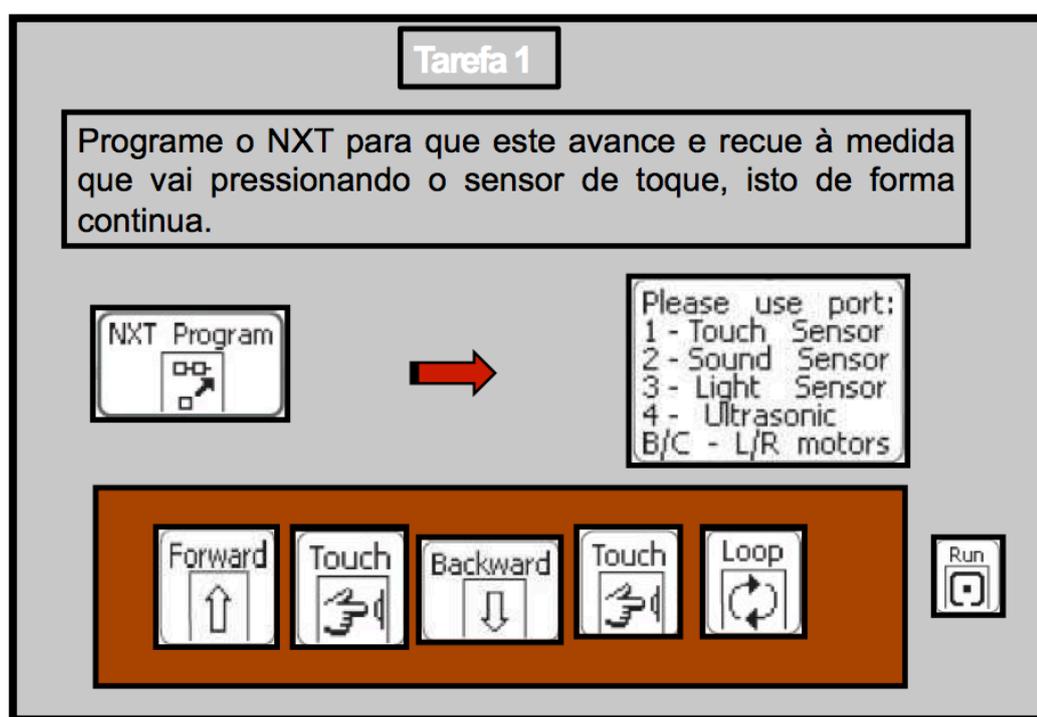


Figura 36 - Ilustração da pasta "My Files"

Dentro do menu “My files”, aparece a pasta “NXT program” com 5 caixas, debaixo de cada caixa aparecem os ícones possíveis para nestas serem colocados. Foi explicado o que significa cada um dos menus que se apresentam debaixo das caixas e ainda salientado o menu que apresenta as setas (avança ou recua) com o número de rotações.

Depois disso, passou-se para a resolução de um conjunto de tarefas de programação (ainda incluídas na apresentação do **Anexo S4a** acima referido). O primeiro exercício de programação do robô. Primeiramente, pediu-se aos alunos que criassem o programa para ser executado uma só vez. O exercício pedia para que programassem o robô para avançar e recuar à medida que ia sendo pressionado o sensor de toque (**Figura 37**).

Todos os alunos programaram o seu robô e posteriormente puderam verificar o comportamento que aquele teve com esta informação. Foi um momento de muita satisfação. Os alunos gritavam pelo facto do robô estar a realizar a tarefa e a cumprir ordens dadas por eles.



*Figura 37 - Tarefa 1 de programação no robô e programa para a realizar*

Depois da experiência anterior, pediu-se para que os alunos, perante o mesmo exercício, programassem o robô para executar o programa anterior de forma contínua. Para isso, era necessário alterar algo nas caixas de programação.

Nesta primeira fase, os alunos estavam um pouco confusos com os símbolos postos em cada caixa. Como não estavam familiarizados, tinham dificuldade em saber do que se tratava e para que serviam.

A investigadora explicou o procedimento da última caixa da programação. Nesta caixa, só há duas opções a serem tomadas - “*Stop*” e “*Loop*”. Quanto à primeira “*Stop*”, os alunos rapidamente perceberam o que significava, ou seja, que o programa acabava ali, ou seja, o robô só fazia o que lhe era pedido uma única vez. Relativamente ao “*Loop*”, compreenderam que se o colocassem no final do programa ele iria repetir continuamente todos os passos. À medida que o sensor de toque era premido o robô ia mudando de comportamento, ora avançava ora recuava. Depois de ser mostrada a diferença entre os dois casos, os alunos apreenderam o conceito e não tiveram mais dificuldades.

Depois de cada grupo programar o comportamento pedido, andavam todos “a gatinhar” no chão a acompanhar os seus robôs. Todos os grupos conseguiram executar o programa de forma brilhante e animada. Existiram muitos sorrisos no momento em que eles conseguiram cumprir a tarefa com sucesso.

Foram-se explorando várias tarefas de programação, de forma a que os conceitos fossem adquiridos e o contacto com o robô se tornasse mais eficiente. Na **Tarefa 2**, era pedido para o robô avançar e recuar de forma contínua à medida que o sensor de som era ativado. Os alunos perante este programa não controlavam os robôs. Estes mudavam rapidamente o seu comportamento. O grupo dos alunos **A14** e do **A15** conseguiu programar corretamente (e mostravam a sua satisfação).

Outros alunos erraram porque puseram o sensor de toque em vez do de som, pois tiveram dificuldade em identificar o símbolo que correspondia ao sensor de som. No final todos os alunos conseguiram programar de acordo com as ordens dadas exceto um grupo. Outros robôs em vez de avançar em frente avançavam rodando para o lado pois colocaram a *seta avançar direita*.

Na **tarefa 3**, o objetivo era programar o *NXT* para avançar e recuar de forma contínua à medida que o sensor ultrassónico era ativado. O aluno **A6** foi o primeiro a conseguir acabar. Os restantes também conseguiram, contudo, alguns tiveram dificuldades e necessitaram de ajuda dos outros para acabar a tarefa com sucesso.

A **tarefa 4** tinha como objetivo programar o robô de forma a que ele avançasse e recuasse continuamente à medida que o sensor de luz era ativado. Dentro da tarefa 4 havia mais um desafio a ser explorado. Perante a programação dada pela investigadora, os alunos deveriam ser capazes de antecipar o comportamento que o robô iria ter. A programação sugeria que o robô quando detetasse algo branco deveria andar em frente e quando encontrasse algo preto parasse (de acordo com o programa da **Figura 38**).

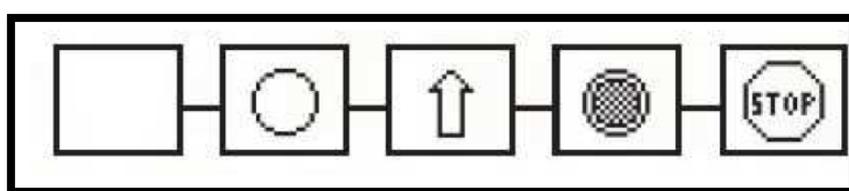


Figura 38 - Programa para a tarefa 4

Os alunos tentaram demonstrar este comportamento do robô e para isso colocaram-no no chão mas ele não se mexeu. Só quando o aluno **A3** colocou uma folha branca debaixo do sensor de luz é que o robô começou a andar em frente. Depois quando encontrou uma cor escura (capa de um caderno) parou.

Na **tarefa 5**, o robô estava programado para andar em frente 5 rotações, esperar 2 segundos emitir um som e quando o sensor de som fosse ativado iniciava o comportamento (**Figura 39**).



Figura 39 - Programa para a tarefa 5

O aluno **A6**, perante o programa dado, descreveu o que o robô iria fazer: “vai andar em frente 5 rotações, espera 2 segundos, faz um som, sensor de som e

repete”. O aluno pôs o robô a executar o programa e concluiu que o comportamento que descreveu anteriormente estava correto.

Na **tarefa 6**, pretendia-se que o robô andasse em frente, o sensor ultrassônico fosse ativado, recuasse, o sensor de toque fosse ativado e repetisse tudo. Esta tarefa foi criada no momento, uma vez que os alunos estavam a reagir bem aos desafios colocados.

Tal como anteriormente, alguns alunos acertaram no comportamento, outros tiveram que pensar mais um pouco sobre a questão até compreenderem a reação que o robô iria ter perante tal programação.

Na **tarefa 7** era objetivo, mais uma vez, saber que comportamento o robô iria ter mediante o programa dado pela **Figura 40**.

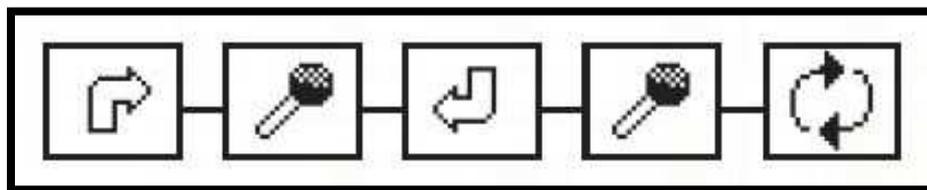


Figura 40 - Programa referente à tarefa 7

O aluno **A6** começa por descrever: “vai para a direita, sensor de som, para a esquerda trás, sensor de som, repete tudo”.

Depois foi pedido a cada grupo que pensasse num comportamento que gostariam de ver o robô a executar. Deveriam programar esse comportamento e descrevê-lo antes do robô executar essa informação. Alguns grupos conseguiram ter em sintonia a programação e o comportamento desejado, para outros a programação não correspondia aos comportamentos ou os comportamentos não correspondiam à programação. No meio de tanta agitação, dois grupos programaram o mesmo comportamento no robô e decidiram colocá-los no chão, lado a lado para ver o comportamento que eles iriam ter. Verificou-se uma perfeita sintonia entre eles, parecendo que estavam a dançar uma coreografia.

No final desta fase, os alunos já tinham conhecimento dos ícones básicos de programação e dos procedimentos a ter em conta em cada caixa e passaram a

programar os robôs de forma mais autônoma. Alguns conseguiram, outros tiveram dificuldades como é bem compreensível.

Depois de apresentada e exemplificada esta fase, passou-se ao desenvolvimento de um guião de programação com um conjunto de exercícios a resolver pelos alunos (os enunciados completos são dados no **Anexo S4b**).

O **exercício 1** pedia que programassem o robô para avançar em frente durante 5 segundos, recuasse 5 segundos e parasse. Nenhum grupo acertou à primeira tentativa, mas na segunda já diversos grupos conseguiram acertar, enquanto os restantes só o conseguiram depois de terem ajuda dos colegas e investigadora.

No **exercício 2** o objetivo era programar o robô para andar em frente durante 5 segundos, virar à direita durante 3 segundos e parar. Todos queriam mostrar a reação do robô. Assim, cada grupo teve a sua oportunidade e mostraram o comportamento dos seus programas. Quando a programação estava de acordo com o pretendido e o robô executava a tarefa na perfeição, os alunos ficavam muito felizes e com vontade de avançar. Alguns grupos acertaram à primeira vez, enquanto outros precisaram de mais tempo para conseguirem obter sucesso na tarefa. Através de tentativa e erro, os alunos conseguiram chegar aos resultados e comportamentos pretendidos. O aluno **A14** colocou as setas erradas (opostas) – logo o aluno **A5** resmungou “eu bem disse que era para trás”. Os alunos em geral tiveram facilidade neste processo de programação.

No **exercício 3**, o robô deveria andar para trás até bater (o sensor de toque ser acionado) e depois andar em frente rodando para esquerda durante 5 segundos e, por fim, parar. À medida que se avançava na exploração, foi possível verificar que os grupos apresentavam uma boa execução das tarefas de programação. Os alunos que tinham mais facilidade ajudavam os que tinham mais dificuldades. Alguns grupos acertavam à primeira tentativa, enquanto outros precisavam de ajuda. O robô do grupo do aluno **A13** apresentava um comportamento diferente do pedido, andando em frente para a direita, mas quando batia no sensor recuava para a esquerda.

No **exercício 4**, era pedido aos alunos que programassem o robô para andar em frente e virar à direita até o sensor de toque ser premido. Quando este fosse premido, o robô deveria virar à esquerda até ser acionado o sensor de toque novamente. Assim que este fosse acionado, o robô deveria executar novamente o programa de forma contínua.

Depois dos exercícios anteriores, foram propostos aos alunos um conjunto de exercícios extra, cujo enunciado se encontra no **Anexo S4c**. Um dos exercícios propunha aos alunos que programassem os seus robôs durante alguns *segundos* e medissem a distância que eles percorreram. Assim, cada grupo programou o seu robô para andar alguns *segundos* e verificaram a distância que ele percorreu nesse tempo.

Seguiu-se um teste com os robôs no sentido de verificar a distância percorrida pelos robôs num determinado tempo. Para esta tarefa marcou-se uma linha no chão, no pavimento e com uma fita métrica verificou-se a distância que cada robô percorreu (**Figura 41**). Inicialmente, programaram o robô para andar em frente durante 2 segundos e mediram a distância. Seguidamente, programaram com 5, 10 e 20 *segundos* e mediram as distâncias percorridas pelo robô em cada caso.



**Figura 41** - Fotografia retirada no desenrolar das atividades, mostrando alunos na execução de uma das tarefas de programação

No momento em que estavam a programar durante 5 *segundos*, os alunos **A14** e **A5** executaram o programa no robô mas a resposta não foi aquela que eles esperavam. “Isto não para”, referiram. O robô avançava continuamente porque não definiram o tempo que ele iria avançar. O aluno **A13** ultrapassou os 5 *segundos*, programando em frente 5 *segundos* e mais uma vez 5 segundos, o que resultou em 10 *segundos* de percurso realizado pelo robô. O aluno **A1** acertou na programação e o seu robô durante 5 *segundos* percorreu 170 cm.

A investigadora foi perguntado aos alunos que distância iria percorrer o robô se o programassem para andar em frente 10 segundos? Os alunos responderam prontamente que iria andar 3,40 cm. A investigadora pergunta o que significa isso? O aluno **A6** responde que anda o dobro do percurso porque também anda o dobro do tempo.

**Investigadora** - A14 quanto andarรก o teu robô se o programares 10 segundos?

**A14** – Anda o dobro.

**Investigadora** - Quanto   que andou com 5 segundos?

**A14** - 1,58m

**Investigadora** - A15, quanto andarรก o robô se a A14 programar 10'?

**A14** – Três metros e tal (disse confiante e certo).

**Investigadora** - E se programar com 15 segundos?

**Em uníssono** – Vai andar o triplo.

**Investigadora** -E se programar com 2 segundos quanto vai andar?

**A13** – D  menos – para a  cinquenta e tal...

**A6** – Quase metade.

Cada grupo teve resultados diferentes (e.g. 170, 158, 151, 166). Isto verificou-se porque os robôs foram programados com diferentes *poderes dos motores* (parâmetro *power*). Uns programaram com os motores a 50 *rpm*, outros a 75 *rpm*. E por isso a velocidade foi diferente de robô para robô. Assim que tocou a campainha para o início de outra atividade (AEC), os alunos não tinham vontade de sair da sala querendo experimentar a programac o e mostr -la aos outros.

### **Sessão 5 - Programac o usando o Software NXT**

Nesta sessão (**Anexo S5**), o objetivo era que os alunos pudessem aprender a programar o robô com o software fornecido com o kit e que corre em computadores pessoais, permitindo depois enviar os programas realizados para o robô NXT. Foi usada uma apresentac o PowerPoint (**Anexo S5a**) para que os alunos tivessem contacto com o ambiente de programac o. Os grupos mostraram-se muito interessados na explicac o dada pela investigadora sobre o software de programac o.

Quando a investigadora estava a explicar os conceitos de “*seconds, degrees, rotations*”, foi abordada a questão dos *graus*. Feita uma recapitulac o dos nomes dos * ngulos* e respetivos *graus*, a investigadora passou a questionar os alunos sobre estes conceitos com o intuito de verificar se estavam bem adquiridos.

**Investigadora** - Quantos graus tem um ângulo reto?

A6 – 90 graus

**Investigadora** - Se colocar uma roda inteira “rotation” quantos graus vai andar?

A6 - 360°.

Visto que o conceito parecia estar consolidado pelos alunos, passou-se a uma outra etapa importante desta sessão. Antes dos alunos abrirem o *software* para programar, foi-lhes pedido para guardarem todos os seus ficheiros, de forma a registar todos os programas realizados pelos alunos. Assim, realizou-se a criação de pastas com o nome da turma e dos grupos para posteriormente gravarem os ficheiros que iam construindo. Depois desta tarefa realizada, avançou-se para a etapa da programação no *software Lego Mindstorms*. Depois de perceberem o que significava cada ícone e a sua funcionalidade, os alunos criaram um programa no *software* e fizeram *download* para o robô para ver o comportamento que este iria ter. Nesta fase, os alunos programaram livremente sem orientação e verificaram a execução do programa no comportamento do robô.

A investigadora foi depois propondo exercícios de programação aos alunos com base numa apresentação *PowerPoint (Anexo S5c)*, sendo todos os enunciados dados pelo **Anexo S5b**.

Inicialmente, os alunos aprenderam a programar usando os blocos “*move*” e “*motor*”. Foram desenvolvidos vários exercícios usando o bloco “*motor*”, ou seja programavam-se os motores de forma independente um do outro. Com o bloco “*move*”, os motores têm o mesmo comportamento.

Os alunos foram explorando um conjunto de exercícios, dos quais se selecionam em seguida alguns exemplos para ilustração. O **exercício 4** (bloco “*motor*”) tinha como objetivo conseguir programar o robô para andar em frente rodando à esquerda. Por outro lado, o **exercício 13** pretendia programar o robô para andar em frente e virar à esquerda. Para isso deveriam programar o *motor B* para andar em frente e programar o *motor C* para andar para trás ambos à mesma velocidade. Neste exercício, alguns alunos programaram os robôs para fazer o percurso ao contrário.

Estes exercícios foram avaliados através das fichas de registo e os resultados destas encontram-se analisados na **secção 6.2.5** referente às fichas e testes de programação.

Também fizeram parte desta sessão o desenvolvimento e exploração do bloco “*move*” e para isso os alunos tiveram que encontrar solução para alguns desafios. De seguida, apresentamos alguns exercícios explorados durante a sessão, a título de exemplo, sendo o guião completo dado no **Anexo S5d** que inclui ainda os programas para a resolução dos exercícios.

O **exercício 1** pretendia que os alunos programassem o robô para andar em frente 5 segundos, esperar 5 segundos e andar para trás 5 segundos. No **exercício 2**, os alunos deveriam programar o robô para andar para trás até bater em algum obstáculo e depois seguir em frente durante 5 segundos. Perante este desafio, alguns alunos tiveram sucesso, enquanto outros não conseguiram realizar a tarefa corretamente. Alguns robôs andaram só para trás. Outros pararam antes de o sensor de toque ser acionado devido ao facto dos alunos colocarem tempo de espera (“*wait*”) antes do sensor. Logo, o sensor aqui não fazia nenhuma alteração ao comportamento do robô.

Nos **exercícios 17, 18, 19 e 20** era pretendido que os alunos fossem capazes de programar o robô para desenhar polígonos com a sua trajetória. Nestes exercícios, foram várias as tentativas e os erros ocorridos até conseguirem executar o procedimento corretamente. O **exercício 17** tinha como objetivo que os alunos fossem capazes de programar o robô para desenhar no chão um círculo, enquanto o **exercício 18** pretendia desenhar um quadrado, o **exercício 19** um retângulo e, finalmente, o **exercício 20**, um triângulo. Nestes exercícios, como era de esperar, os alunos tiveram algumas dificuldades para atingir os seus objetivos. Contudo, através de tentativa e erro, muitos foram se aproximando da solução final e, por fim, a maioria, conseguiu realizar as tarefas com sucesso.

## **Sessão 6 – Sensores**

Nesta sessão, foram explorados os diversos sensores acoplados ao robô (**Anexo S6a**). Os alunos puderam programar o robô com os sensores de forma a que o comportamento deste pudesse ser alterado consoante as informações que cada sensor recolhia do meio ambiente. Nesta sessão, os alunos seguiram um guião de programação que é dado pelo **Anexo S6b**, tentando responder às questões colocadas nessa ficha através da utilização dos sensores do robô e de programas apropriados.

Começou-se por explorar a programação com o **sensor de toque** e para isso a investigadora sugeriu que todos programassem de acordo com o que se ilustra na **Figura 42**. Neste exemplo, pretendia-se que o robô andasse em frente até bater em algum objeto e parasse.

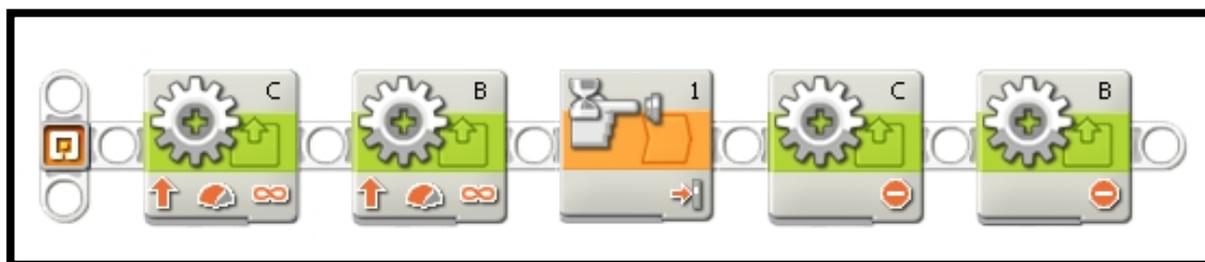


Figura 42 - Programa exemplo para uso dos sensores de toque

O desafio seguinte pretendia que os alunos programassem o robô para que ele se movesse em frente e parasse quando encontrasse uma superfície escura, neste caso usando o **sensor de luz**. O programa respetivo é dado pela **Figura 43**.

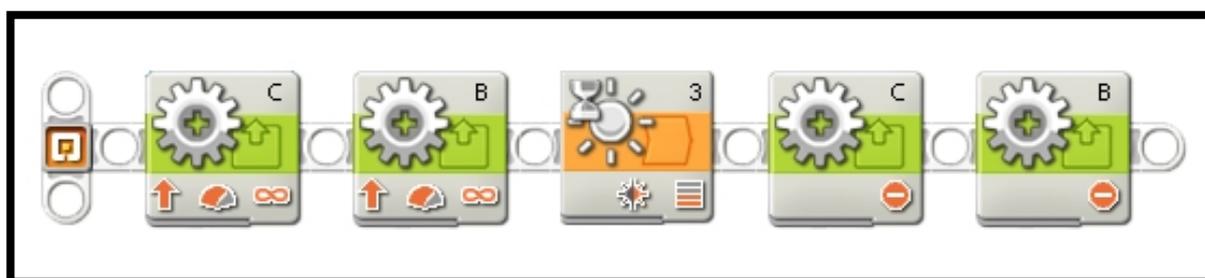
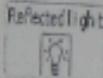


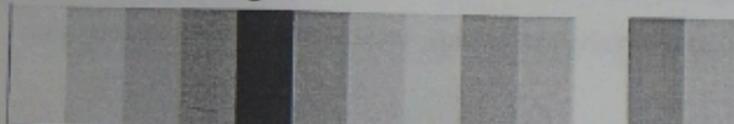
Figura 43 - Programa para exemplificação do uso dos sensores de luz

Nesta sessão, os alunos puderam explorar o meio ambiente com os robôs. Com o sensor de luz puderam medir a intensidade de luz refletida por alguns objetos, como se ilustra na **Figura 44**, onde se mostram as respostas dos alunos a algumas das questões colocadas.

5. No robô na opção View  (serve para medir a intensidade da luz que é reflectida pelo objecto para o qual o sensor está direccionado) identificar quais serão as cores que poderão reflectir mais intensidade de luz?

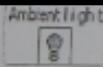
mesa - 68%  
 chão - 49%  
 paredes pretas - 15%  
 parede da lãmpada - 50%

6. Agora pega no sensor de luz e verifica cada uma das cores. Preenche a tabela que se segue.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
61	50	49	38	32	42	40	33	46	49	60	62	62	62	%

1.

8. No robô na opção View -  (a luz vermelha não está ligada, permitindo que o sensor de luz meça apenas a intensidade de luz emitida na sua direcção) verifica a intensidade de luz que é emitida por vários objectos em direcção ao robô. (lâmpadas e computadores...)

Objecto	monitor	teclado	bone azul	cpu	mesa castanha	janela	parede amarela
Intensidade da luz	30%	37%	29%	39%	47%	77%	41%

Figura 44 - Respostas dos alunos a algumas questões onde se usa o sensor de luz para explorar o ambiente

Com o sensor **ultrassónico**, os alunos foram capazes de avaliar a distância do robô a diversos objetos dentro da sala. Um exemplo de um programa usando este sensor é dado pela **Figura 45**. Puderam fazer essas medições em centímetros, medida que utilizamos no nosso sistema métrico, mas também puderam efetuar as medições em polegadas. Assim, os alunos puderam fazer a conversão de

centímetros para polegadas e de polegadas para centímetros. Na **Figura 46** mostram-se as respostas dos alunos a algumas das questões colocadas referentes à exploração da distância entre o robô e objetos com este tipo de sensores.

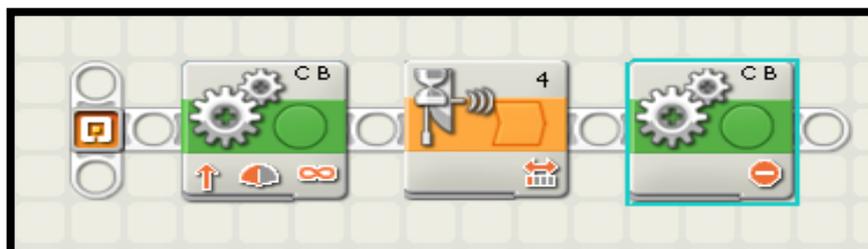


Figura 45 - Programa exemplo do uso do sensor ultrassónico

9. Usando agora a opção View -  - em cm, medir a distância do robô a vários objectos na sala.

Objecto	caixote do lixo	porta	parede	para trás da parede			
Distância cm	142	95	115	146			

10. Com a opção View -  - em polegadas, medir a distância do robô aos mesmos objectos seleccionados anteriormente.

Objecto	para trás da parede	porta	parede	caixote do lixo			
Distância polegadas	56	37	45	57			

11. Comparar as distâncias feitas pelo robô com as diferentes unidades de medida (cm e polegadas).

Cm	Polegadas
146	56
142	57
95	37
115	45

Figura 46 - Respostas dos alunos a algumas questões onde se usa o sensor ultrassónicos para explorar o ambiente

Com o **sensor de som**, os alunos avaliaram os sons na sala de aula. Para isso escolheram alguns objetos e tentaram medir o som. A **Figura 47** mostra as respostas dos alunos a algumas questões neste contexto.

1. No robô escolher a opção *View – Sound dB*,  (que permite medir aqueles sons mais elevados que o ouvido humano não detecta) e avaliar os sons emitidos por vários objectos da tua escola.

Objectos	rato(cpu)	cpu	estalar dedos	teclado	cadeira	parede		
% do som	20%	60%	35%	31%	43%	46%		

3. Escolher depois a opção *Sound dBA*  (que permite medir aqueles sons que o ouvido humano consegue detectar) e avaliar os sons emitidos por diferentes objectos ou pessoas na tua escola.

Objecto	rato(cpu)	cpu	estalar os dedos	teclado	cadeira	parede		
% do som	31%	26%	40%	12%	60%	23%		

Figura 47 - Respostas dos alunos a algumas questões onde se usa o sensor de som para explorar o ambiente

### 6.1.2 Fase 2: Abordagem de temáticas curriculares com robótica

Nesta fase, os alunos puderam trabalhar conceitos de matemática nomeadamente, *perímetros de circunferências, calcular distâncias, calcular rotações e graus, converter unidades de medida*, entre outros. Em todos os casos, a utilização das *operações aritméticas de multiplicação e divisão*, aplicadas a cenários reais foi uma constante, bem como o uso de *noções de proporcionalidade*.

Esta fase contemplou uma sessão com quinze questões que foram desenvolvidas ao longo de sensivelmente 20 horas, seguindo o guião apresentado

no **Anexo S7**. Em seguida, serão revistas detalhadamente estas questões, abordando-se em cada um dos casos aspectos pertinentes relacionados com a abordagem à questão por parte dos alunos e seus objetivos.

### **Questão 1**

Nesta primeira questão, pretendia-se que os alunos programassem o seu robô para andar determinado tempo e medissem a distância percorrida. Era objetivo que depois de saber o valor percorrido pelo robô num “segundo” conseguissem calcular quanto é que ele iria percorrer quando programado para andar outras quantidades de tempo. Contudo, esta atividade não se tornou fácil para os alunos. Os valores previstos não eram os mesmos que os percorridos pelos robôs, levando os alunos a ficarem confusos e aborrecidos.

Cada grupo de 2 alunos programou o que era pedido no exercício. Foi-lhes pedido que programassem o robô para andar em frente durante um segundo. Depois de realizarem a programação no computador tiveram de fazer *download* do programa para o robô. Seguidamente, colocaram o robô num ponto que marcaram previamente ou o colega do grupo colocava o dedo para marcar o ponto de partida do robô. Puseram o robô a executar o programa e depois de ele terminar o percurso, marcaram o ponto de chegada e em grupo mediram a distância entre os dois pontos para verificarem a distância que o robô tinha percorrido.

Antes de os alunos programarem o robô para percorrer 2 “segundos” ou mais, a investigadora questionou que distância iria percorrer o robô nestes casos. Imediatamente, todos calcularam a distância que o seu robô deveria percorrer consoante o tempo que foi programado. Depois de cada momento de programação, os alunos tiveram que medir a distância percorrida pelo robô para verificar se estava de acordo com aquela que eles calcularam previamente. Porém, quase nenhum grupo conseguiu com que o robô andasse a distância calculada. O robô percorria mais espaço à medida que tinha mais tempo.

Os resultados não foram os mesmos em todos os grupos. Programando o robô durante um *segundo* alguns obtiveram 16 cm e outros 17 cm de distância.

Alguns grupos foram muito minuciosos na medição da distância efetuada pelo robô. Outros não foram tão exatos ou tiveram condicionantes externas que afetaram a execução ou percurso do robô.

Como se pode observar na **Figura 48** (em baixo), os alunos foram exaustivos nas suas medidas. O grupo responsável desenvolveu o trabalho com muito cuidado. Sabiam de antemão o valor que deveria percorrer o robô nos segundos seguintes. Logo, eram muito cuidadosos, colocando o robô no sítio certo, limpando o chão para não encontrarem sujidade que perturbava o percurso do robô e assinalavam sempre o ponto de partida e de chegada do robô. Com uma fita métrica mediram o percurso do robô desde o ponto de partida até ao ponto de chegada.

Tempo	Distância	Divisão entre a Distância e o tempo
1s	17	$17 : 1 = 17$
2s	36	$36 : 2 = 18$
3s	57	$57 : 3 = 19$
4s	76	$76 : 4 = 19$
5s	95	$95 : 5 = 19$
10s	180	$180 : 10 = 18$

a. Calcula em cada caso a divisão entre os valores da distância e do tempo conclusis?

*Segundo a conclusão que todas as distâncias são diferentes.*

*Sem programar achas que poderias dividir...*

Tempo	Distância	Divisão entre a Distância e o tempo
1s	16 cm	$16 : 1 = 16$
2s	32 cm	$32 : 2 = 16$
3s	48 cm	$48 : 3 = 16$
4s	64 cm	$64 : 4 = 16$
5s	86 cm	$86 : 5 = 16 \text{ (resto } 1)$
10s	174 cm	$174 : 10 = 17,4$

Figura 48 - Exemplos do registo das medições de dois dos grupos na questão 1

Porém, outros grupos não tiveram resultados tão exatos o que é perfeitamente normal. Os alunos do grupo que realizou a tarefa da **Figura 48** (em

cima) não foram tão precisos. Os valores medidos foram diferentes. Os alunos através da primeira medição sabiam que valores o robô deveria percorrer nas etapas seguintes. Mas os valores não foram esses exatamente. Isto terá acontecido por não marcarem o ponto de partida e chegada minuciosamente, pelo facto do robô ziguezaguear tropeçando nos seus próprios fios. Fatores externos como ter sujidade no chão eram motivo mais que suficiente para que os valores saíssem alterados.

Aos grupos que obtiveram 16 cm num segundo foram feitas algumas abordagens:

**Investigadora** – Se o robô andou 16 cm num segundo, quanto irá andar com 2 segundos? E com 3?

**A10** – Tem de dar 32 cm com 2 segundos

**A7** – Com 3 tem de dar 48 cm.

Com 2 segundos, os valores para muitos dos grupos foram de 36, logo a razão entre os dois dá 18. Começa a haver discussão por não obterem os resultados que eles previam e os alunos ficam preocupados e incrédulos com os valores. Verificam a programação, põem o robô a executá-la e medem vezes sem conta com o objetivo de verem os valores pretendidos.

Para os acalmar, a investigadora explica que não há problema. É difícil obter valores corretos porque o robô sofre algumas influências do meio ambiente e os valores ficam adulterados. Programando com base em *segundos*, é muito complicado obter um resultado exato, devido a fatores ambientais, arranque, travagem, areia no percurso, aderência dos pneus, desvio do percurso, etc. Perante os resultados que iam obtendo alguns alunos iam ficando incrédulos e surpreendidos.

**A7 e A12** - “Ui, como é que dá isto?”

Esta reação mostra que os alunos tinham noção dos valores que o robô deveria dar e ficavam muito indignados quando isso não acontecia. A investigadora deixa testar várias vezes sem interferir muito nos seus trabalhos.

O aluno **A6** estava muito preocupado com a programação. Não lhe dava resultados de acordo com o que ele achava correto. Perante o primeiro valor achava que o segundo deveria dar o dobro... mas não dava. Foi discutido o motivo de não dar os resultados previstos devido ao fator arranque e travagem. O robô nos segundos seguintes não perde tempo no arranque nem na travagem porque só o faz uma vez, no início do 1º *segundo* e no final, recuperando tempo.

**A1** – Professora, os valores não estão corretos. Se com 1 segundo o robô andou 16 cm, com 2 deverá andar 32, com 3 deverá andar 48 e com 4 deverá andar 64. Mas não está a dar esses valores. O que está mal? Não percebo o que se passa!

A conclusão do aluno **A1** quando fez a divisão entre a distância percorrida e os segundos: “à medida que o robô tem de percorrer mais tempo aumenta a média da distância percorrida”. Neste momento, eles percebem que a média entre a distância percorrida aumenta à medida que o robô anda mais tempo devido ao facto de nos segundos seguintes o robô não ter de arrancar nem travar. Logo é tempo que ganha e por isso acaba por andar mais.

**A12** – *É como os autocarros. Quando venho de carro chego mais rápido à escola do que o autocarro. Porque o autocarro perde tempo a parar nas paragens. Por isso demora mais. Se ele não parasse chegava mais cedo.*

Este aluno conseguiu criar uma boa analogia e todos compreenderam porque os valores não estavam de acordo com as suas previsões.

**A1**– O robô passou a andar mais à medida que aumentámos o tempo de programação.

Na **questão 1d)**, os alunos tentaram encontrar o tempo necessário para percorrer um metro por tentativa e erro, uma vez que os cálculos não davam certos. Alguns programaram 5 *segundos* e não chegava para percorrer 1 metro, outros colocaram 6 e ultrapassou. Perante isto, a investigadora perguntou o que fazer? Sugeriram que deveriam ir tentando com 5,1; 5,2... até acertarem.

O aluno A6 coloca o robô a andar e grita – “Acertei, consegui fazer o metro”

**Investigadora** - Quanto programaste?

**A6** – 5,5

O grupo dos alunos **A12** e **A7** quase conseguiu, ficam desiludidos. Conseguem-no na segunda tentativa com 5,5. O aluno **A1** continua a tentar e **A14** e **A5** conseguem e mostram o seu contentamento.

Os alunos, ao programarem o robô para andar (tempo), iriam obter a distância percorrida (cm). Nesta questão, o que se pretendia é que eles descobrissem o nome da razão entre a distância percorrida e o tempo.

**Investigadora** - Como chamaríamos a essa coluna?

**A11** - É o resto

**A1** - Quociente

**Investigadora** - O que colocamos nessa terceira coluna? Se o robô anda 16 cm num segundo, 32 com 2 segundos se eu dividir 16 por 1 dá 16; se dividir 32 por 2 dá 16. O que será este valor 16?

**A6** - É a velocidade que o robô anda em cada segundo.

**Investigadora** - Correto. Ao dividirmos a distância que o robô percorreu pelo tempo percorrido encontramos a velocidade com que ele executou a tarefa.

Não foi muito difícil encontrar a resposta. O aluno **A6** conseguiu descobrir rapidamente o conceito.

## **Questão 2**

Este exercício pretendia que os alunos usassem a mesma programação anteriormente realizada e apenas alterassem o poder (*power*) dos motores. Na questão 1, era pedido que os motores estivessem a 50 *rpm* e nesta questão os alunos teriam de os mudar para 100 *rpm*.

**Investigadora** - Agora com a mesma programação mas com o valor dos motores a 100 *rpm* acham que o robô vai andar mais ou menos do que com os motores a 50 *rpm*?

**A6** - Vai andar o dobro.

Foram verificar as suas previsões. O robô dos alunos **A7** e **A12** com um *segundo* percorreu 32 cm e com dois *segundos* percorreu 70 cm, a **A7** insistiu que deveria dar 64 cm e para isso colocaram uma coluna extra para inserirem os

resultados que eles consideravam corretos e poderem comparar com os resultados reais (**Figura 49**).

Tempo	Distância	Divisão entre a Distância e o tempo	
1s	32	$32 : 1 = 32$	32
2s	<del>70</del>	<del><math>70 : 2 = 35</math></del>	64
3s	112	$112 : 3 = 37$	96
4s	150	$150 : 4 = 37,5$	128
5s	188	$188 : 5 = 37,6$	160

Figura 49 - Exemplo de tabela de respostas à questão 2

Os alunos concluem que à medida que o robô anda mais tempo percorre em média mais distância.

### Questão 3

Neste exercício, era pretendido que os alunos mudassem a programação. Em vez de programarem em *segundos*, teriam de programar em *rotações* e medirem a distância efetuada pelo robô. Os motores do robô deveriam de estar a 50 rpm.

Os resultados andaram muito próximos uns dos outros. Alguns grupos ao programarem o robô para andar uma *rotação* verificaram que ele percorreu 17 cm, porém, outros grupos ao programarem 1 *rotação* o robô percorreu 18 cm.

Com esta programação, os resultados deveriam ser iguais uns aos outros, uma vez que os robôs tinham as mesmas rodas e a mesma construção. No entanto, os valores foram diferentes em algumas situações, fruto da precisão ou não na medição do percurso e pelo facto do chão poder ter alguma sujidade. Contudo, a maior parte dos grupos teve como resultado a **Figura 50**. Por cada *rotação*, o robô deveria andar 18 cm.

Rotações	Distância	Divisão entre a Distância e as rotações
1	18	$18 : 1 = 18$
2	36	$36 : 2 = 18$
4	72	$72 : 4 = 18$
8	144	$144 : 8 = 18$
10	180	$180 : 10 = 18$

percorreu em cada caso.

Rotações	Distância	Divisão entre a Distância e as rotações
1	<del>17</del> 17	17
2	<del>34</del> 34	17
4	68	17
8	136	17
10	170	17

a. Calcula em cada caso a divisão entre os valores da distância e das rotações. O que concluis?

A distância ia sempre aumentando mas a divisão em distância em rotações é sempre igual

a. Calcula em cada caso a divisão entre os valores da distância e das rotações. O que concluis?

Por cada rotação percorre 17 cm

Figura 50 - Exemplos de respostas dos alunos à questão 3

Esta questão pretendia apurar se os alunos saberiam quanto percorreria o robô se o programassem 6 rotações. Para o grupo cujo robô percorreu 17 cm numa rotação concluíram que deveria andar 102 cm. Para os grupos cujo robô tinha 18 cm por rotação calcularam que deveria andar 108 cm. Transferiram o programa do computador para o robô, executaram-no e mediram a distância percorrida pelos seus robôs e as suas previsões estavam corretas (Figura 51).



Figura 51 - Fotografia dos alunos no desenvolvimento da questão 3

No **exercício 3d)** era apresentada a distância que o robô deveria percorrer (1 metro) e era necessário descobrir o número de *rotações* necessárias para ele executar essa distância em função do valor da *rotação* da roda. Assim, foi questionado aos alunos quais seriam as *rotações* necessárias para o robô percorrer um metro.

Os alunos sabiam que com uma *rotação* o robô percorria 18 cm e assim sucessivamente. Testaram o robô com várias *rotações* mas nenhuma delas lhes deu o valor 100 cm exatamente. Estavam a chegar ao resultado através de tentativa e erro, adicionando algumas décimas à *rotação* que obtinha o valor mais próximo de 100 cm que era 5. Experimentaram com 5,1, com 5,2 e por aí em diante até chegarem ao resultado. Contudo, foi-lhes explicado que este processo não era o mais eficiente e que haveria um processo mais rápido para chegar a esse resultado. Depois de falar com os alunos sobre essa questão, um aluno interveio dizendo:

A7 – Pegamos no 100 e dividimos pela rotação.

**Investigadora** – Explica lá isso?

A7 – 100 a dividir por 18 que é igual a 5,5. E temos o número de rotações que precisamos.

Os alunos pegaram na distância que o robô deveria percorrer e dividiram-na pelo valor da roda e obtiveram o número de *rotações* necessárias.

**Investigadora** – Muito bem! Todos perceberam o que o vosso colega fez?

**Investigadora** - Se fosse 2m?

A7 – Andava...  $5,5+5,5 = 11$  *rotações*.

**Investigadora** - Vamos experimentar com outros valores – 150 cm – quantas *rotações* seriam necessárias?

A 12 – 150 a dividir por 18 que dá...deixa fazer a conta... 8,3. Precisava de programar 8,3 *rotações* para andar isso.

#### Questão 4

Neste exercício, era pedido aos alunos que programassem os seus robôs com as diferentes *rotações* exibidas na tabela mas com uma diferença relativamente ao exercício 3. Nesta fase do trabalho, era pretendido que os alunos programassem com os motores a 100 *rpm* para verificarem se haveria alterações relativamente aos resultados anteriores (**Figura 52**).

Antes de se iniciarem os testes de programação foi perguntado aos alunos se o robô andaria a mesma distância que no exercício 3, se andaria mais ou se andaria menos. Muitos dos alunos acharam que o robô andaria o dobro da distância. No entanto, houve alunos que responderam que iria andar o mesmo. Que independentemente da força (*power*) dos motores a *rotação* era sempre a mesma.

**Investigadora** – Tu disseste que iria dar o mesmo que no exercício anterior. Porquê?

A6 – Porque a roda é a mesma logo tem as mesmas *rotações*. Vão ser os mesmos valores.

**Investigadora** – Então o que altera aqui? Se com 50 *rpm* e 100 *rpm* dá o mesmo o que alterará? Não fará muito sentido programar a 100 *rpm* se vai dar o mesmo..

A 12 – Vai andar o mesmo mas em menos tempo... vai chegar mais rápido.

exercício anterior mas programando-o a 100 rpm.

Rotações	Distância	Divisão entre a Distância e as rotações	
1	18	18	18
2	36	18	36
3	54	18	54
4	72	18	72
5	90	18	90

b. O que podemos concluir?

Rotações	Distância	Divisão entre a Distância e as rotações
1	17cm	$17:1=17$
2	34cm	$34:2=17$
3	51cm	$51:3=17$
4	68cm	$68:4=17$
5	85cm	$85:5=17$

b. O que podemos concluir?  
Podemos concluir que a velocidade foi de 17.

Figura 52 - Exemplo de respostas dos alunos à questão 4

Assim, a quem tinha dado 17 cm por *rotação* continuou a dar este valor com os motores a 100 rpm. A quem tinha dado 18 cm por *rotação* continuou a obter este valor.

Depois de todos verificarem com os motores a 100 rpm os valores obtidos, foi realizada uma prova com dois robôs. Para isso foram programados os robôs para 10 *rotações*, um a 50 rpm e outro a 100 rpm para se verificar o que foi concluído anteriormente pelos alunos. Foram usadas 10 *rotações* para se ver melhor o resultado final. Com apenas uma *rotação* era difícil de ver a diferença. Assim, os alunos colocaram dois robôs lado a lado com o ponto de partida exatamente no mesmo sítio. Ao sinal da investigadora, carregavam no botão laranja para executar a tarefa e verificavam se o ponto de chegada dos robôs era o mesmo e se chegavam ao mesmo tempo. Os robôs chegaram ao mesmo ponto mas em tempos diferentes.

Os alunos concluíram, então, que com 50 ou 100 rpm o robô anda sempre o mesmo porque o que conta é a roda, ou seja, o seu perímetro. O que muda é apenas o tempo que demora a executar esse percurso.

### Questão 5

Nesta sessão, começou-se por abordar o conceito de *diâmetro* para ver quem estava familiarizado com o mesmo. Depois de explicado o que seria o *diâmetro*, *raio* e *circunferência* passou-se à parte prática da sessão. Os alunos

mediram com uma fita métrica o *diâmetro* da roda do robô (pequena) e tinham que calcular o tamanho da *circunferência*. Quando se lhes perguntou como mediamos a *circunferência* da roda responderam que mediam com uma fita a toda à volta. Mediram a roda e verificaram o comprimento da *circunferência* da roda. Nesta fase, os alunos deveriam aprender a calcular o valor da *circunferência* da roda partindo do seu *diâmetro*.

**Investigadora** - Vamos medir a roda do robô. Quantos cm de diâmetro tem a roda?

**Todos** - 6 cm

**Investigadora** - Quanto terá de raio A9?

**A9** - 3 cm.

**Investigadora** - Qual será o valor da circunferência?

Ninguém conseguiu responder.

**Investigadora** - Vamos aprender uma coisa nova hoje... O diâmetro é 6 e o raio é 3 como já vimos anteriormente. Para calcular a circunferência desta roda o que iremos fazer?

**A6** -  $6+6$

**A11** -  $6+3$

**Investigadora** - Porquê?

Não souberam responder...

**Investigadora** - Como é que calculamos o perímetro de outras figuras geométricas?

**A6** - A soma de todos os lados.

**Investigadora** - Do triângulo?

**A6** - Lado + lado + lado

**Investigadora** - E a circunferência?

Sugeriram que medisse com uma fita métrica.

**Investigadora** - E se fosse uma roda gigante e não tivéssemos fita suficiente como iríamos medir?

Ficaram calados e a olhar para a investigadora .... à espera de novidades...

**Investigadora** - Vamos aprender um novo conceito. Alguém já ouviu falar no *Pi*?

**A6** - É um símbolo.

A investigadora referiu que o *Pi* é um valor fixo que se obtém do *perímetro* da *circunferência* a dividir pelo *diâmetro* da mesma, por isso esse valor é sempre o mesmo em qualquer circunferência, sendo aproximadamente três, i.e. o perímetro é aproximadamente o triplo do diâmetro. Se multiplicarmos o diâmetro da roda pelo *Pi* vamos encontrar o perímetro da circunferência da roda.

Alguns alunos adiantaram-se e calcularam o seu valor:

A7 - Já fiz  $6 \times 3 = 18$

Depois de efetuarem o cálculo e perceberem como lá tínhamos chegado mediram com a fita e verificaram que a roda media mais de 18 cm.

A7 - Mas dá mais do que 18 cm professora...

**Investigadora** - Pois dá... porque o  $\pi$  não é só 3... é mais um bocadinho. O  $\pi$  é 3,14. Vejam agora se multiplicarmos  $6 \times 3,14$  quanto é que irá dar isso?

A7 - 18,84.

**Investigadora** - Quanto media a roda com a fita?

**Todos** - mais de 18...

**Investigadora** - Então encontramos o caminho correto para lá chegar.

Os alunos compreenderam que a circunferência era aproximadamente o triplo do diâmetro. O aluno **A6** perguntou “E se fosse um trator”? A investigadora respondeu que procederíamos da mesma maneira e sugeriu que quando chegassem a casa mostrassem aos pais quanto media o perímetro da roda do seu carro.

**Investigadora** - O que temos que fazer com a roda do carro?

**A6** - Primeiro meço o diâmetro e depois multiplico pelo  $\pi$  (3,14) e vejo qual é o perímetro da roda do carro do meu pai... ele não vai acreditar...

Alguns alunos mais minuciosos nas suas medições obtiveram de *diâmetro* 5,5 cm logo o *perímetro* da sua roda era de 17,27 cm. Esta era a razão pela qual para alguns grupos o valor da *rotação* era de 17 cm. Ao compararem o *perímetro* da roda com a *rotação*, os alunos chegaram à conclusão que o *perímetro da circunferência* é igual a uma *rotação* (**Figura 53**).

Rotações	Distância	Divisão entre a Distância e as rotações
1	17cm	$17 : 1 = 17$
2	34cm	$34 : 2 = 17$
3	51cm	$51 : 3 = 17$
4	68cm	$68 : 4 = 17$
5	85cm	$85 : 5 = 17$

Rotações	Distância	Divisão entre a Distância e as rotações
1	18	$18 : 1 = 18$
2	36	$36 : 2 = 18$
3	54	$54 : 3 = 18$
4	72	$72 : 4 = 18$
5	90	$90 : 5 = 18$

Figura 53 - Exemplo de respostas de alunos à questão 5

**A1** - quer dizer que a circunferência da roda é igual a 1 rotação, dá os mesmos valores aproximadamente.

Com a fita métrica os alunos verificaram o *perímetro* da roda e chegaram à conclusão que era o valor que eles tinham encontrado ao multiplicarem o *diâmetro* pelo *Pi*.

### Questão 6

O exercício 6 pretendia que os alunos trocassem as rodas dos robôs. Assim, deveriam retirar as que tinham e colocarem umas maiores. Depois desta tarefa terminada deveriam programar o seu robô com as mesmas rotações pedidas nos exercícios anteriores de forma a compararem os dados obtidos em ambas as circunstâncias.

Antes de executar e fazerem as medições, os alunos foram questionados:

**Investigadora** - Vamos trocar as rodas dos robôs para umas maiores. Vamos programar o robô uma rotação e fazer a medição. Acha que vai haver alteração nos resultados das distâncias?

**A 12** - Sim.

**Investigadora** - Quais?

**A12** – Este pneu é maior, quando eu o colocar no robô a distância que ele vai andar será maior.

**A7** – Vai andar mais porque a roda é maior.

**Investigadora** - Como é que sabes isso? Imaginem que não conseguíamos ver que a roda era maior do que a anterior. Como fazíamos?

**A8** – Fazemos uma rotação e vamos medir e depois com a outra roda fazemos o mesmo e vamos qual delas tinha andado mais.

**A7** – Mediamos com a fita as rodas para ver qual era a maior.

**Investigadora** - Medir com a fita é medir o que?

**A8** – O perímetro

**Investigadora** - Mas também poderíamos fazer de outra maneira. Alguém se lembra de outra maneira de saber isso?

**A1 e A8** – Através do  $\pi$  x o diâmetro da roda.

**Investigadora** - Que valor tem o  $\pi$ ?

**Uníssonos** – 3,14

**Investigadora** - Se o diâmetro da roda é 6 cm quanto irá ser o perímetro?

**A8** - 18

**Investigadora** - E o raio da roda quanto medirá?

**A4** – 3 cm

Passou-se à medição da roda grande para verificar os resultados.

**A1** - O diâmetro da roda é 8 cm.

**Investigadora** - Quanto será a circunferência?

**A4** – 24 cm (calculou  $8 \times 3$ , porque tinham aprendido anteriormente que o valor da circunferência era mais ou menos o triplo do diâmetro )

**Investigadora** - O perímetro da roda é....?

**A12** – Mais ou menos o triplo do diâmetro

**A1** - Professora mas aqui não dá 24...

A A1 não mediu pelo centro da roda, mediu ligeiramente a baixo. Assim, para resolver o problema tirou a roda do robô e voltou a medir passando pelo centro com a fita e obteve 8,5 cm de diâmetro.

**A1** - Se multiplicarmos o 8 pelo 3 dá 24. Se acrescentarmos o 0,5 por cada dá 25,5 cm

**A13** –  $24 + 1,5 = 25,5$ . Dá aproximadamente 26 cm

**Investigadora** - Então agora vamos calcular exatamente como faríamos....Calculamos o 8,5 vezes o que?

**A8** – o  $\pi$ .

**Investigadora** - Qual é o valor de  $\pi$ ?

**Uníssonos** – 3,14

**Investigadora** - Quanto dá isso?

**A4** - dá 26,69

Depois foi pedido aos alunos para programarem o robô para andar uma rotação para verificarmos a distância que ele iria percorrer.

**Investigadora** - Vamos agora programar o robô com uma rotação. Que medida terá essa rotação?

**A4** - deve ter 26,69.

**Investigadora** - Vamos programar e verificar.

**A1** - Professora, programamos com os motores a 50 ou a 100 *rpm*?

**Investigadora** - No exercício anterior na programação com rotações... quando programamos com 50 *rpm* e com 100 *rpm* a que conclusão é que chegámos?

**A7** - Os resultados eram os mesmos. Dava igual.

**Investigadora** - Muito bem... independentemente do poder dos motores a rotação é sempre a mesma.

Para verificar, pediu-se a um grupo que programasse 1 *rotação* com os motores a 50 *rpm*, outro a 75 *rpm*, outro a 100 *rpm* e ainda outro a 25 *rpm*. No final de todos executarem a programação e terem feito as medições, concluíram que davam os mesmos resultados. O grupo que programou a 25 *rpm* obteve o resultado exato, uma vez que o robô partia e chegava com calma não se desestabilizando no arranque e travagem ao passo que o grupo que programou a 100 *rpm* teve mais dificuldade nas medidas, uma vez que o robô derrapava e torcia-se com a aceleração.

Como os resultados não estavam a ser precisos de acordo com os cálculos efetuados e previsão dos alunos resolveu-se programar o robô a 50 *rpm*. Era mais calmo e sem interferências.

Os alunos **A4** e **A3** foram teimosos e queriam ver o robô a 100 *rpm*. Mas os resultados não estavam de acordo com os cálculos e previsões. Depois de muito tentarem decidiram mudar para 50 *rpm* e confirmaram-se as previsões. Os robôs com muita velocidade perdiam o percurso, desviavam-se ligeiramente devido ao lixo do chão e à roda móvel.

No **exercício 6b)**, os alunos deveriam programar o robô para andar 1, 2, 3, 4 e 5 *rotações* com a roda grande do kit. Todos programaram os seus robôs uma

rotação e verificaram que o robô percorreu 26 cm de distância. Foi-lhes perguntado qual seria a distância que os robôs percorreriam com 2 rotações.

**A2 e A1** – Com 2 rotações tem de dar 52 cm. Se o 1º deu 26 o 2º tem de dar 52.

Depois passaram a programar com 3 e seguidamente com 4 rotações. Muitos grupos ao programar 4 rotações obtiveram 102 cm e não 104 cm como previram. Os alunos **A3** e **A4** conseguiram obter resultados muito precisos. Calculavam antecipadamente e verificavam se o robô cumpria o previsto. Emanavam felicidade ao ver que o resultado do programa era o que previam com os cálculos.

Muitos alunos precisavam de ajuda nas medições para encontrarem os resultados corretos. Deixavam folga na fita ou não começavam a medir no ponto de partida. Os alunos **A1** e **A2** programaram as 4 variantes e obtiveram os mesmos resultados como era de esperar. Isto resultou da precisão com que elas punham o robô a executar a programação e com a medição exaustiva e exata efetuada com muito rigor. Aos alunos **A12** e **A7** com as diferentes variantes (poder dos motores) deu-lhes resultados diferentes. Os alunos **A3** e **A4** com 25 rpm, 50 rpm e 75 rpm obtiveram os mesmos resultados mas quando foi com 100 rpm os resultados alteraram-se (**Figura 54**).

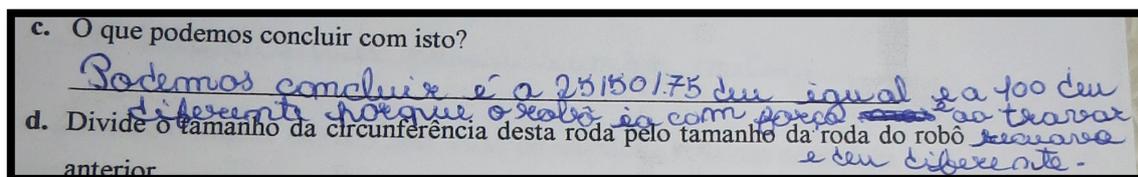


Figura 54 - Exemplo de resposta à questão 6c)

Os alunos perante a experiência anterior puderam concluir que a roda como é maior também fará o robô percorrer uma maior distância.

No **exercício 6d)**, era pedido aos alunos para dividir o tamanho do *perímetro* da roda grande pelo *perímetro* da roda pequena ( $26:18 = 1,4$ ).

**Investigadora** - Quanto é que o robô andou com uma rotação?

**A1** - 26

**Investigadora** - Vamos recuar ao exercício 4 e verificar quanto andou com uma rotação com a roda pequena.

**A3** - 17

**A1** - 18

**Investigadora** - Como a uns deu 17 e a outros 18 o que têm que fazer é dividir o valor do perímetro da roda grande pelo valor do perímetro da roda pequena e verificamos que dá...?

Uns dividiram 26 por 18 e outros 25 por 17 que deu em ambos os casos 1,4. Outros porém foram precisos e minuciosos com as medições. Indo mesmo às centésimas. Tinham como perímetro da roda grande - 26,69 cm e o perímetro da roda pequena 17,27 cm. Assim o resultado desta razão é de 1,5.

O **exercício 6g)** pedia aos alunos que calculassem a distância percorrida pelo robô se programassem uma *rotação* e o perímetro da roda fosse metade da anterior (13 cm).

**Investigadora** - A nossa roda grande tem 26 cm de perímetro. Se fosse uma roda com metade desse valor iria ter... ?

**Alunos** - 13 cm

**Investigadora** - Então com uma rotação qual seria a distância percorrida pelo robô?

**A1**- 13 cm

**Investigadora** - Qual seria o diâmetro dessa roda?

**A4** - Mais ou menos 4 cm...

**Investigadora** - Porquê?

**A4** - Porque 12 a dividir por 3 dá 4..... logo 3x4 dá 12 ... se multiplicarmos 3x5 já vai dar 15. Como é 13 tem de ser 4, ... (qualquer coisa).

Alguns grupos foram muito exaustivos e precisos nos seus cálculos e medições. Quando lhes foi perguntado, no **exercício 6h)** a distância que o robô efetuará em 5 *rotações* com essa roda os alunos rapidamente calcularam a distância. Como sempre, existiram grupos minuciosos que mediam à milésima e calcularam de acordo com esses dados.

### Questão 7

Neste exercício, os alunos exploraram o menu “motor degree” para verificarem os *graus* que cada *rotação* contém. Neste ponto, a investigadora discutiu um pouco sobre tipos de ângulos (reto, obtuso, agudo, raso e giro), estes conceitos já eram do conhecimento de alguns alunos, mas para outros eram novidade. Nomeadamente, o ângulo giro era uma novidade importante para os alunos poderem perceber os próximos conceitos a ser explorados. Os alunos compreenderam de onde provém o nome “ângulo giro”, que se trata de uma circunferência completa, logo tem 360 graus. Fizeram essa experiência com as rodas do robô. Marcaram um ponto na roda e rodaram-na até percorrer uma volta completa e verificaram que a mensagem que aparecia no display do robô era “360 degrees” (graus). Repetiu-se esta experiência medindo uma volta completa, meia volta e um quarto de volta, ou seja simulando os ângulos giro, raso e reto, respetivamente (Figura 55).

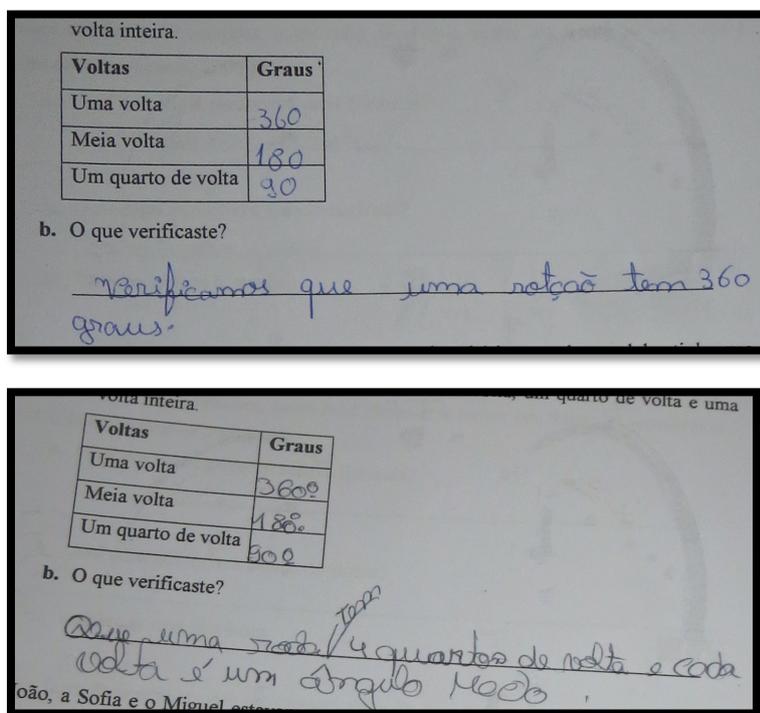


Figura 55 - Exemplos de resposta à questão 7

### Questão 8

Este exercício pedia que os alunos programassem no robô um conjunto de distâncias dadas. Os alunos deveriam reduzir os valores a centímetros e depois calcularem quantos *segundos*, quantas *rotações* e quantos *graus* deveriam programar no robô para percorrer essas distâncias.

Como os robôs eram iguais e as rodas também, optou-se por dividir este exercício em várias tarefas e distribuí-las pelos diferentes grupos. Assim, coube ao grupo 1 ficar com 15 decímetros e a partir daí encontrar o número de *segundos*, de *rotações* e *graus* necessários para percorrer essa distância. Os outros valores de distância foram atribuídos a outros grupos.

O grupo dos alunos **A3** e **A4** ficaram com 15 decímetros, como já referido. Por outro lado, o grupo dos alunos **A12** e **A7** ficaram com 109 centímetros e o grupos dos alunos **A1** e **A2** com 1 metro (**Figura 56**).

Para determinar os *segundos* não foi efetuado nenhum cálculo. Os alunos começaram pelo cálculo dos *graus* e depois com os motores a 75 rpm conseguiram obter os valores das *rotações*. Daí só ter importância verificar os cálculos efetuados para encontrar as *rotações* e os *graus*.

Para cada situação, os alunos deveriam encontrar o número de rotações necessárias para o robô percorrer essas distâncias. Assim, para 15 decímetros os alunos teriam primeiramente que converter este valor para centímetros e depois encontrar o número de rotações. Sabendo que 15 dm dá 150 cm e que o perímetro da roda grande é 26 cm, os alunos deveriam ser capazes de encontrar o número de rotações para percorrer essa distância.

**Investigadora** - Quantos cm tem uma rotação?

**Alunos** - 26 cm

**Investigadora** - Então para completar 100 cm quantos cm faltam?

**Alunos** - 74

**Investigadora** - Se uma rotação tem 26 cm quantas rotações preciso para fazer 100 cm? O que fazemos?

**A12** - Dividimos 100 pelo 26.

**Investigadora** - Com uma rotação o robô percorreu 26 cm e com 4 rotações?

**A7** - 104 cm.

**Investigadora** - Isso ultrapassa ou não chega ao valor que pretendemos atingir?

**A7** - Ultrapassa.

**Investigadora** - Então será que 4 rotações é de mais ou de menos?

**A7** - Já é de mais.

**Investigadora** - O que podemos concluir?

**A6** - Que o robô vai ter que andar entre 3 e 4 rotações. 3 é pouco e 4 já ultrapassa.

**Investigadora** - Será 3 vírgula pouco ou 3 vírgula muito?

**A12** - Será 3 vírgula muito... quase 4

**Investigadora** - Calculem quanto precisam para 150 cm .... O que temos que fazer A3 e A4?

**A3 e A4** - Dividir 150 por 26 que é o tamanho da roda do robô...

**Investigadora** - Quanto dá isso então?

**A3** - 5,7 rotações....

**Investigadora** - E quantos graus são 5,7 rotações?

**A4** - Tenho que multiplicar as rotações por 360 e ver quantos graus tenho de programação... mas também posso ir ao computador e mudar aqui na programação... ela dá logo a resposta sem ter que fazer cálculos.

**Investigadora** - Se quiseres que o robô faça uma volta completa ou uma rotação quantos graus é que ele vai andar?

**A7** - Vai andar 26 cm, 1 rotação ou 360 graus.

**Investigadora** - E se andar 52 cm? Quantas rotações e graus serão precisos?

**A7** - Vai andar 2 rotações e 720 graus.

**Investigadora** - E se em vez desta roda usasse a anterior (pequena)? Lembram-se de quanto era o seu perímetro?

**Alunos** - Sim... 18 cm

**Investigadora** - Então se eu programar 360 graus com estas rodas quanto é que ele irá percorrer?

**A7** - 18 cm

**Investigadora** - Porquê?

**A7** - Porque o robô com 1 rotação vai percorrer 18 cm e com 360 graus também percorre 18 cm que é igual a uma rotação.

m	dm	cm	Segundos	Rotações	Graus
1	5	0	5,7	$150 + 26 = 5,7$	2052
1	0	9	4,1	4,1	1476
1	0	0	4	4	1440

$5,7 \times 360$

Figura 56 - Exemplo de respostas dos alunos à questão 8

### Questão 9

Neste exercício, os alunos deveriam calcular a distância que o robô percorreria se o programassem 360 *graus* e posteriormente 720 *graus*. Depois deveriam programar 2 *rotações* e comparar os resultados obtidos nas medições efetuadas.

No **exercício 9a**, todos os alunos chegaram à conclusão que se programarem o robô para andar 360 *graus* ele irá percorrer 26 cm. Todos programaram, executaram e verificaram as medições.

O **exercício 9c)** foi realizado com a roda grande. Foi questionado aos alunos se o robô andaria mais com 2 *rotações* ou 720 *graus* (**Figura 57**).

**A1** - Nenhum anda mais porque é igual.

**Investigadora** - Porquê?

**A1** - Dá a mesma coisa porque 720 graus são duas rodas ou seja 2 rotações. Ao programar o robô para andar 2 rotações ou 720 graus o robô vai andar a mesma distância.

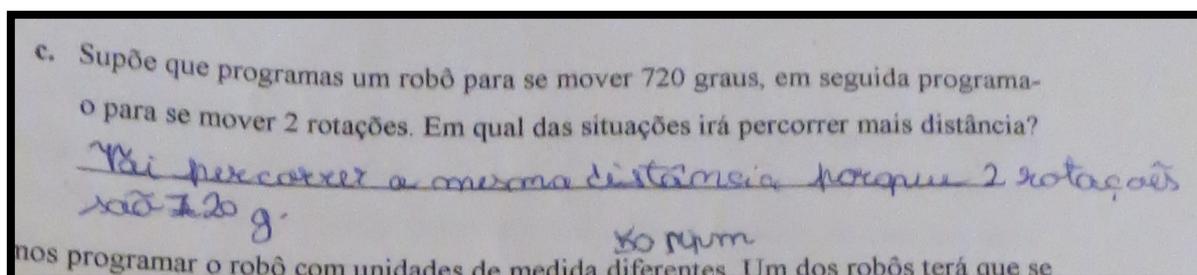


Figura 57 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 9 c)

### Questão 10

Neste exercício, cada robô deveria executar um dos programas estipulados. Os alunos deveriam, antecipadamente, saber qual deles iria percorrer mais ou menos distância.

O grupo 1 programou o seu robô para andar 19 rotações.

**Investigadora** – Qual será a distância que o vosso robô percorrerá?

**Grupo 1** –  $19 \times 26 = 494$  cm

O grupo 2 programou o seu robô para andar 8 segundos

**Investigadora** – Qual será a distância percorrida pelo robô?

**Grupo 2** – Com 1 segundo fez 26 cm. Com 8 segundos deveria fazer  $8 \times 26 = 208$ . Mas já sabemos que vai dar mais. Porque deu mais nos exercícios anteriores.

**Investigadora** – Vamos estimar e depois verificar. Como vimos com os segundos é mais complicado obter resultados exatos

O grupo 3 programou o seu robô para andar 2000 graus

**Investigadora** – Quanto percorrerá o vosso robô?

**Grupo 3** – Primeiro pegamos nos 2000 graus e dividimos por 360 graus e obtemos o número de rotações que são 5,5. Depois de sabermos quantas rotações multiplicamos pelo valor do perímetro da roda (26) -  $2000/360 = 5,5$  -  $5,5 \times 26 = 144$  cm.

Sem programar, os alunos calcularam as distâncias a percorrer e concluíram que o robô que percorreria mais distância seria o de 19 rotações (Figura 58).

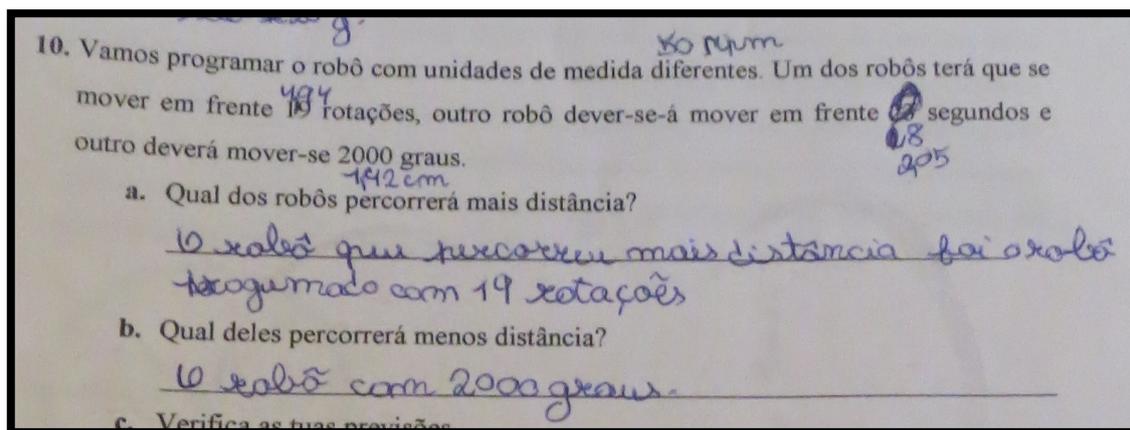


Figura 58 – Exemplo de resposta dos alunos à questão 10)

### Questão 11

Cada grupo de trabalho constitui uma equipa para o jogo proposto nesta questão. Os robôs estavam em pontos opostos a uma distância de 2 metros. Os alunos deveriam programar os seus robôs em diferentes medidas. Assim, uma equipa programava em *rotações* e a outra programava em *graus* para ver qual delas se aproximava da linha adversária.

**Investigadora** - Quantas rotações puseram na vossa programação?

**Alunos** - Pusemos 5 rotações.

**Investigadora** - Foi suficiente?

**Alunos** - Não.

**Investigadora** - Então quantas serão necessárias?

Nesta tarefa, foi divertido observar os alunos a chamar pelo robô para que ele chegasse ao destino certo. “mais....mais” e no final “Yes”. Os alunos **A3** e a **A4** acertaram à primeira tentativa, conseguiram fazer o percurso exato com as rotações. Os alunos tinham de mostrar os cálculos efetuados para a realização da programação antes de pôr o robô em execução das previsões.

**Investigadora** - Quantas rotações precisamos para andar 2 metros?

**A7** - 8 rotações

**Investigadora** - Porquê?

**A7** - À bocado vimos que para um metro precisamos de 4 rotações para dois metros precisamos de mais 4...

**Investigadora** - E se quiséssemos percorrer 5 metros?

**A7** - Precisamos de 20 rotações.

**Investigadora** - Porquê?

**A7** - Porque para um metro preciso de 4... se multiplicar 4 rotações por 5 metros dá 20 rotações.

**Investigadora** - Quantos graus serão precisos para o robô andar um metro? Uma rotação tem....?

**A7** - 360 graus

**A1** - 1440 graus para andar um metro.

**Investigadora** - Como obtiveste esse resultado?

**A1** -  $4 \times 360$

**Investigadora** - Muito bem.

Os alunos **A13** e **A8** estavam a fazer por tentativa e erro. A investigadora questionou-os para perceber as suas dificuldades.

**Investigadora** - Há cálculos que devem ser feitos para chegarem lá. Que cálculo devemos realizar? Temos que percorrer 200 cm, sabemos que a roda faz 26 cm em cada rotação. Como encontramos as rotações necessárias para percorrer esse percurso?

**A8 e A13** - Dividimos o 200 por 26 e encontro as rotações...

**Investigadora** - Quanto dará isso? Façam o cálculo..

**A13 e A8** - 7,6 rotações.

**Investigadora** - Imaginem que dava 7,6 rotações. Mas isso não me diz a quantos graus corresponde... quero saber em graus quanto é que dá isso?

**A7** - 2736 graus.

Os alunos fizeram os cálculos e depois verificaram com o robô se as previsões estavam corretas.

**Investigadora** - Se tivesse que percorrer com a outra roda (18 cm) esta distância de 2 metros qual seria o número de rotações necessárias? Já não era 7,6.... Pois não?

**Alunos** - Não

**Investigadora** - Seria mais ou menos?

**A3** - Vai dar mais...

**Investigadora** - Quanto?

**A7** - 11,1

**Investigadora** - Porquê A7? Explica....

**A7** - Fiz 200 cm a dividir por 18 e deu-me 11 rotações.

**Investigadora** - Muito bem... dividimos o valor total que queremos que o robô percorra que é 200 cm ou 2 m pelo valor do perímetro da roda que são 18 cm que é uma rotação e obtivemos o número de rotações necessárias para que o robô percorresse essa distância.

**Investigadora** - E se quisesse isso em graus?

**A7** - 11,1 rotações x 360.

O aluno **A7** descobriu uma maneira mais rápida de obter os resultados. Colocava na programação do software 11,1 rotações (*rotations*) e depois convertia automaticamente para graus (*degrees*). Ao mudar o nome da unidade eram

convertidos os valores. Contudo, como se verificou, sabia o processo a realizar para o respetivo cálculo. Todos juntos verificaram o cálculo  $11,1 \times 360$  para verem o resultado e depois fizeram como o aluno **A7** para comprovar as suas previsões.

Para verificar se os alunos estavam a perceber, a investigadora colocou a seguinte questão aos alunos **A8** e **A13**:

**Investigadora** - E se quisesse andar 3m de quantas rotações necessitava?

Alguns alunos estavam com dificuldades em encontrar o número de rotações. Os alunos **A5**, **A8**, **A13** e **A10** estavam com dificuldades em perceber o processo.

**Investigadora** - Qual é o perímetro da roda grande?

**Todos** - 26 cm

**Investigadora** - 26 cm é o que ?

**Todos** - Uma rotação

**Investigadora** - Então 1 rotação dessa roda são 26 cm. Se eu quero percorrer com o meu robô, que tem essa roda, 2 m tenho que saber que operação tenho que realizar para obter o nº de rotações necessárias para atingir os 2 m. Poderei fazê-lo à sorte e por tentativa, mas não é o melhor processo, porque quando tivermos um percurso maior não vamos conseguir resolver este problema. Para isso existem cálculos e operações que podemos fazer para resolver este problema. Quem sabe dizer o que temos que fazer?

**A1** - Fazemos  $200/26$  e dá 7,6.

**Investigadora** - Agora em vez de 200 cm quero percorrer 300 cm?

Nesta fase, os alunos que tinham tido dificuldade já estavam a compreender e responderam:  $300/26=11,5$ .

**Investigadora** - Ainda voltando ao problema anterior - o robô percorreu 7,6 rotações (rodas pequenas) agora quero saber quantos graus é que ele vai precisar para percorrer essa distância? O que vamos fazer? Uma divisão ou multiplicação?

**A7 e A1** - Uma multiplicação. Vamos multiplicar  $7,6 \times 360$

**Investigadora** - A5, tenho que percorrer 2 metros e o robô tem uma roda com 18 cm de perímetro... quero saber que operação vou fazer para saber o nº de rotações necessárias?

**A5** -  $7,6/2=3,8$

**Investigadora** - Porquê ?

Não soube responder...

**Investigadora** - O que tenho que fazer?

**A5** - Dividir...

**Investigadora** - O que por quem?

**A5** -  $200/18=11,1$  rotações

**Investigadora** - Agora eu quero saber quantos graus é que preciso de programar o robô para ele percorrer essa distância?

**A1** -  $11,1 \times 360 = 3996$

Quando surgiu o valor anterior os alunos confirmaram com o software.

**Investigadora** - Imaginem agora que quero percorrer uma sala com 5 metros. O meu robô tem a roda de 26 cm de perímetro. Como iria calcular isso? Que operação teria que realizar?

**A4** -  $500\text{cm}/26=19$  rotações

Em seguida, foram alterados os valores do jogo anterior: em vez de 2 metros a distância que separava as duas linhas era de 3 metros. As equipas tinham de ser muito rigorosas nas medições, tentando aproximar-se o mais possível da linha. Consoante a sua distância assim eram penalizadas.

**Investigadora** - Quero saber qual vai ser a programação que o robô precisa para percorrer 3 metros de distância. A equipa que ficar para trás perde e para a frente desconta. Conforme a distância que se afastou. Não se esqueçam que têm que passar de cm para rotações e depois para graus.

Os alunos **A1** e **A2** são os primeiros a resolver o problema e verificam com o robô. Estava correto o procedimento:  $300/26 = 11,5$ . O aluno **A13** pegou no valor de 26 cm do perímetro e multiplicou por 10 - sabe que dá 260. Para chegar aos 300 vai tentando aproximar. Como houve grupos que conseguiram calcular e resolver este problema foi-lhes dado outro desafio.

**Investigadora** - Agora o valor da roda não é de 18 cm mas sim de 20 cm. Quantas rotações preciso de programar para percorrer essa distância?

**A2** - divido 300 por 20 e dá 15 rotações.

## Questão 12

No exercício 12, o objetivo era programar um metro. Os alunos deveriam programar o seu robô nas diferentes medidas (*Rotations, degrees, seconds - rotações, graus e segundos*) para que ele percorresse um metro. Na sequência dos exercícios anteriores, os alunos não sentiram dificuldades na execução desta tarefa. Assim, foi possível partir para outros exemplos que foram sendo elaborados de improviso no momento.

**Investigadora** - Vamos imaginar que a minha bicicleta tem uma roda com 50 cm de diâmetro, quanto tem de raio?

**A12** - 25 cm

**Investigadora** - Quero saber quanto terá de perímetro a roda?

**A7** -  $50 \times 3,14 = 157$

**Investigadora** - Quantos cm tem uma rotação da roda da minha bicicleta?

**A12** - 157

**Investigadora** - 157 é o que?

**A7** - Distância que a bicicleta vai andar por cada rotação que fizer.

**Investigadora** - Se a minha bicicleta andar 3 rotações que distância percorrerá?

**A12** -  $157 + 157 + 157$

**Investigadora** - Quero que a bicicleta percorra 10m. Por isso preciso de saber quantas rotações ela fará para percorrer essa distância?

**A3** -  $1000 / 157 = 6,3$  rotações - a aluna converteu os 10 m a 1000 cm e dividiu pelo perímetro da roda.

**A13** -  $157 + 157 + (\dots)$  Até aproximar do resultado.

**Investigadora** - Se somares sempre mais 157 vais obter o resultado exato?

**A13** - Não...

**Investigadora** - Então se calhar é melhor usares outra estratégia.

**A7** -  $1000 \text{ cm (distância a percorrer)} / 157 \text{ (perímetro da roda)}$  e obtenho 6,3 rotações.

**Investigadora** - Rotações de que?

**A7** - Da bicicleta.

**Investigadora** - Agora quero saber quanto é que isso dará em graus?

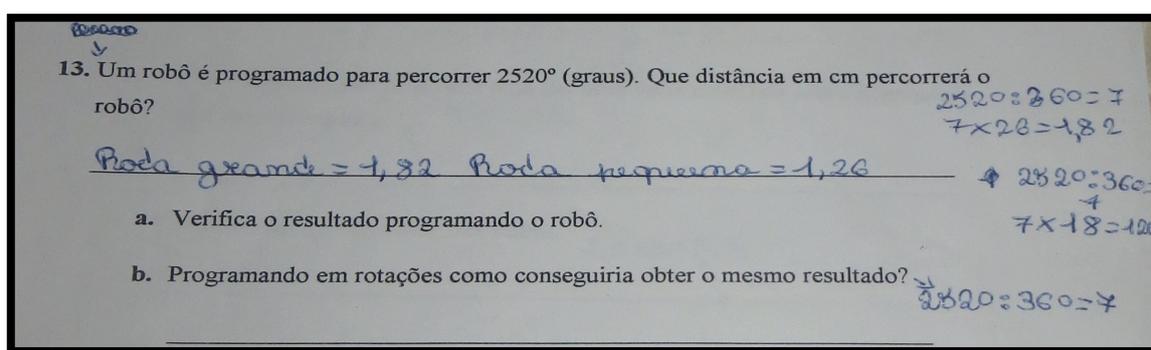
**A12** - 360

**Investigadora** - 360 é uma rotação....

A7 -  $6,3 \times 360 = 2160$ . O aluno colocava no software de programação 6,3 "rotations", mudava a unidade de medida para "degrees" e obtinha o número de graus equivalente às rotações sem ter de fazer cálculos.

### Questão 13

Neste exercício, era dado o número de *rotações* e os alunos teriam que descobrir qual a distância que o robô deveria percorrer (**Figura 59**).



Resposta  
13. Um robô é programado para percorrer 2520° (graus). Que distância em cm percorrerá o robô?

Roda grande = 1,82 Roda pequena = 1,26

a. Verifica o resultado programando o robô.  
b. Programando em rotações como conseguiria obter o mesmo resultado?

Handwritten calculations:  
 $2520 : 360 = 7$   
 $7 \times 26 = 182$   
 $2520 : 360 = 7$

Figura 59 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 13

**Investigadora** - Como vamos saber a distância que o robô vai percorrer com a roda grande se o programarmos 2520 graus?

**A12** - Com a fita.

**A7** - Vamos dividir 2520 por 360... A mim deu-me 7.

**Investigadora** - O que é esse 7?

**A2** - cm

**Investigadora** - Não. Aí nunca dá cm...

**A7** - Rotações

**Investigadora** - Como calculo a distância que o robô percorreu com estes 2520 graus?

**A12** - Temos que pegar no perímetro da roda...

**Investigadora** - Sim, continua...

**A12** - 7 rotações x 26 cm = 182 cm

Depois de todos seguirem o raciocínio do **A12**, os grupos foram verificar se seriam esses os resultados. Uns grupos programaram em graus e outros em rotações para confirmarem se era igual a distância percorrida pelos robôs.

### Questão 14

Perante este desafio, os alunos deveriam realizar os seus cálculos de acordo com as duas rodas: a roda grande e a roda pequena e dizer de sua justiça. Os alunos concluíram que se o robô estivesse com as rodas grandes iria percorrer 104 cm, logo iria ultrapassar a distância pretendida. E se estivesse com as rodas pequenas a distância atingida era de 72 cm. Em ambos os casos, 4 rotações era demasiado.

A investigadora pediu aos alunos para em ambos os casos verificarem quantas rotações seriam necessárias para percorrer meio metro. Com a roda grande, os alunos calcularam que seria:  $50 \text{ cm} / 26$  (perímetro da roda grande) que dava 1,9 rotações. O robô com as rodas grandes precisava de 1,9 rotações para percorrer meio metro. Com as rodas pequenas os alunos calcularam  $50 \text{ cm} / 18$  (perímetro da roda pequena) que dá 2,7 rotações (**Figura 60**).

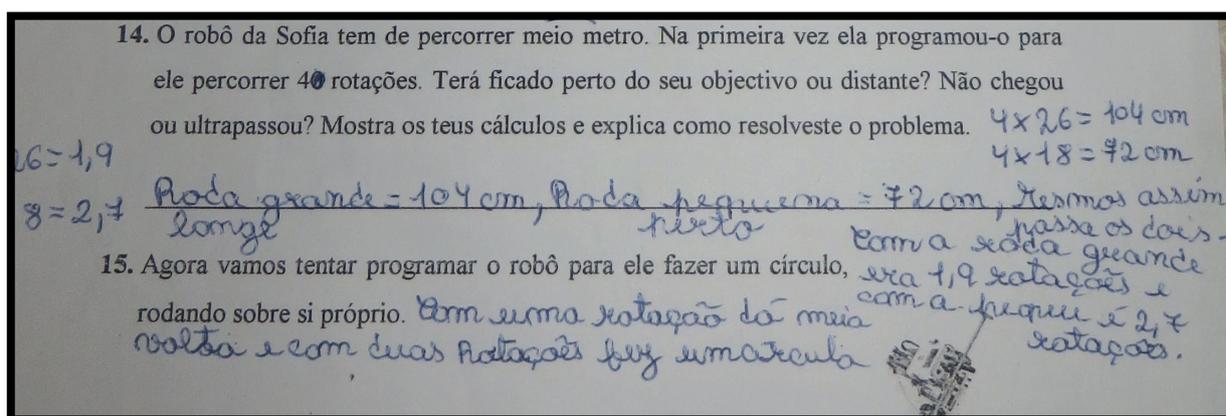


Figura 60 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 14

### Questão 15

Este exercício pedia que os alunos programassem o robô para que ele desenhasse um círculo no chão. Para isso os alunos deveriam programar o robô para andar em frente direita ou esquerda totalmente durante 1 ou 2 rotações.

Imaginando que queríamos fazer um círculo com o robô e o seu diâmetro é de 28,26. Queria saber-se qual seria o número de rotações necessárias para ele fazer um círculo no chão (rodando à volta de si próprio) (**Figura 61**).

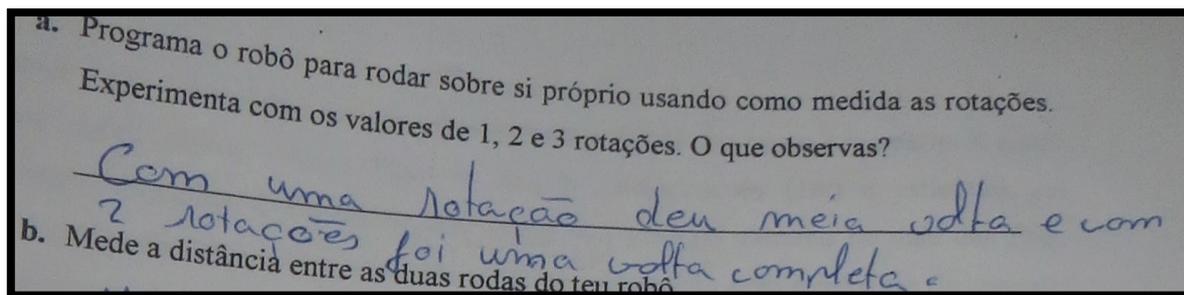
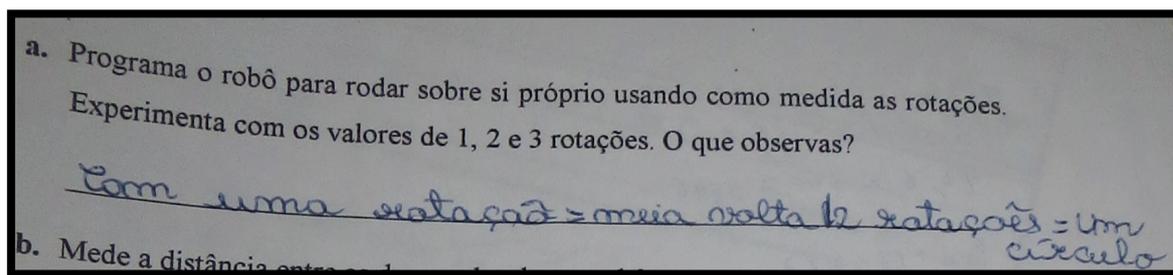


Figura 61 - Exemplo de resposta dos alunos à questão 15

Ao programarem no robô uma *rotação*, este desenhou meio círculo. Ao programarem 2 *rotações*, o robô desenhou um *círculo* completo no chão (**Figura 61**). Os alunos obtiveram o *diâmetro* do robô medindo a distância de uma roda à outra e verificaram que o *diâmetro* era de 9 cm. Calcularam o *perímetro* do robô ( $9 \times 3,14$ ) e obtiveram 28,26. Usaram esse valor e dividiram-no pelo *perímetro da roda* pequena (18,84) e obtiveram o número de *rotações* (1,5) necessárias para ele realizar um *círculo*.

**Investigadora** - Imaginem que agora usamos a roda grande...

**A4** - Fazíamos  $28,26 / 26 = 1,1$

**Investigadora** - O diâmetro da roda grande era de ....?

**A4** - 8,5

**Investigadora** - Se pegar no  $9/8,5$  quanto dá?

**A4** -  $1,05 = 1,1$

Com as rodas grandes, fizeram os mesmos cálculos. Usaram o *perímetro* do robô (28,26) e dividiram-no pelo *perímetro* da roda grande (26) e obtiveram 1,1 *rotações* necessárias para realizar o círculo.

**Investigadora** - Se usar as rodas grandes, quantas *rotações* iremos precisar para fazer o mesmo círculo no chão?

**A7** – Peguei no 28,26 que foi resultado de  $9 \times 3,14$  e dividi por 26 e deu 1,08 – arredondado fica 1,1.

Com um motor verificou-se o cálculo – 1,1 rotações. Para verificar se estavam a compreender resolvemos testar com outros exemplos.

**Investigadora** - Se eu tivesse uma roda com 15 cm, qual seria o número de rotações que eu precisaria para fazer o círculo com o robô? A distância entre as rodas do robô é de 9 cm. Como calcular o valor da circunferência depois de termos o diâmetro?

**A6** -  $9 \times 3,14 = 28,26$ . Com a roda de 26 fiz  $28,26/26$ . Com a roda de 15 cm faço  $28,26/15$  e obtenho o número de rotações = 1,88

A investigadora questionou os alunos para ver se o assunto estava assimilado.

**Investigadora** - Imaginem que eu quero fazer uma circunferência com 50 cm de perímetro e que a roda do robô tem 26 cm. Qual será o número de rotações necessárias para isso?

**A6** -  $50/26 = 1,9$  rotações

**Investigadora** - Quero que me digam qual é o diâmetro da circunferência que o robô fez? Como calculam isso?

**A6** – Se para encontrar o valor da circunferência fazemos o diâmetro  $\times$  Pi, agora como já sabemos o valor da circunferência que é 50, pego nesse valor e divido-o pelo Pi e encontro o diâmetro, ou seja,  $50:3,14$  e obtenho o diâmetro (15,9).

## 6.2 Resultados obtidos a partir dos instrumentos de recolha de dados

Nesta secção, far-se-á a apresentação e a análise dos resultados obtidos a partir da utilização dos instrumentos de dados já anteriormente apresentados (capítulo anterior).

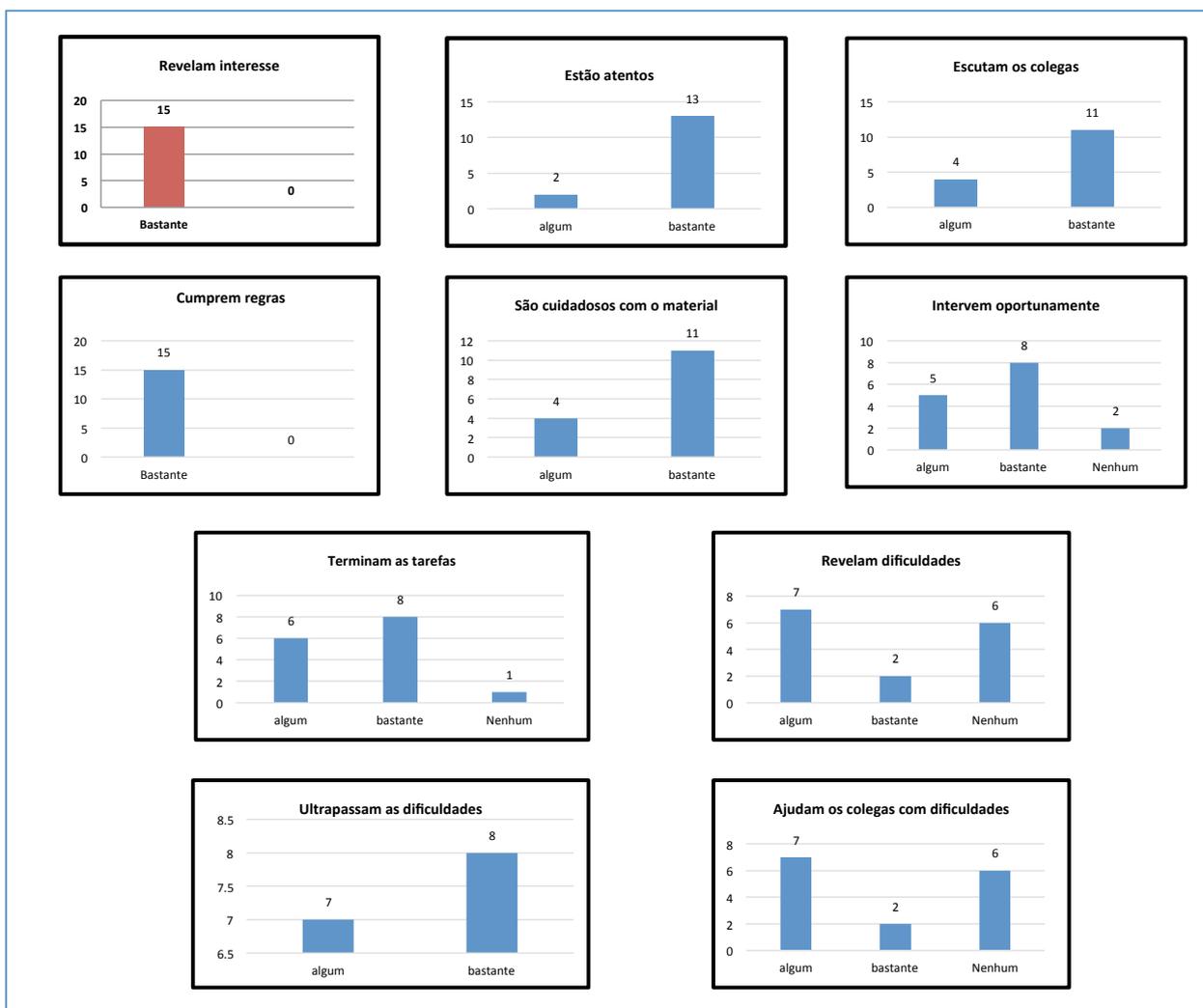
### 6.2.1 Grelhas de observação dos alunos

As *grelhas de observação* serviram como forma de registrar os comportamentos e atitudes dos alunos em diversos aspetos, ao longo do estudo. Cada aluno foi caracterizado em dez aspetos distintos sendo a grelha de observação completa dada no **Anexo I6**.

Os resultados globais do preenchimento destas grelhas por parte da investigadora são revelados pela **Figura 62** onde são referidos o número de alunos em cada categoria para cada um dos dez itens dados no anexo.

Os aspetos observados na grelha mostram que os quinze alunos mostraram interesse pelas atividades e tarefas ao longo do desenvolvimento do projeto. Treze dos quinze alunos estiveram sempre bastante atentos nas atividades e apenas dois algumas vezes. Por outro lado, onze alunos tinham sempre em consideração a opinião dos colegas, ouvindo sempre o que eles diziam, enquanto quatro só algumas vezes é que o faziam. Todos os alunos cumpriram as regras atribuídas respeitando-as sempre. Em relação ao cuidado com o material, onze alunos foram bastante cuidadosos e quatro apenas algumas vezes. Por sua vez, oito dos alunos intervieram sempre oportunamente durante as atividades, cinco apenas algumas vezes, enquanto dois nunca intervieram oportunamente.

Em relação ao trabalho realizado, oito alunos conseguiram terminar as tarefas a maior parte das vezes, seis algumas vezes e um nenhuma vez. Quanto às dificuldades, verificou-se que seis alunos não tinham dificuldade nas tarefas, sete tinham algumas dificuldades e dois revelavam bastantes dificuldades. Por outro lado, oito alunos conseguiram ultrapassar as dificuldades bastantes vezes e sete apenas algumas vezes.



**Figura 62 - Resultados do preenchimento da grelha de observação dos alunos por parte da investigadora.**

Em seguida, faz-se uma síntese de alguns pontos que a investigadora considerou relevantes na observação das atividades realizadas:

- Em geral, houve uma participação e colaboração positiva por parte dos alunos, que se mostraram motivados, com empenho e dedicação nas tarefas propostas.
- Os alunos realizaram as tarefas de acordo com as instruções dadas previamente solicitando a investigadora quando era necessário com o objetivo de obter ajuda para a realização da atividade. Os alunos cumpriram os limites de tempo estabelecido.

- Os alunos, durante o processo do desenvolvimento das atividades, demonstraram, em geral, boa capacidade de decisão, dando opiniões com base nas suas experiências pessoais, discutiram entre si os diferentes processos e possibilidades de resolução da tarefa.
- A organização dos alunos em pares de trabalho procurou juntar alunos com uma formação heterogénea, com diferentes competências entre os elementos do par.
- A ajuda interpares prevaleceu ao longo das sessões; quando um grupo não sabia os outros tentavam ajudar. Entre eles, partilharam ideias e esclareceram dúvidas entre si. A divisão de tarefas contribuiu para o aumento da interajuda. Os alunos com mais dificuldades eram ajudados pelos alunos com mais competências.
- Todos os alunos teimaram em ultrapassar as dificuldades que apareciam no seu percurso tentando vezes sem conta, solicitando ajuda aos colegas e à investigadora.
- Quando surgiram dúvidas ou hesitações, a investigadora procurou não apresentar respostas de imediato obrigando a que os alunos remetessem para os colegas as decisões a tomar e as dúvidas a esclarecer.
- Verificou-se notável autonomia por parte dos alunos que conseguiram resolver muitas situações sem ajuda da professor/investigadora.
- Os alunos demonstraram capacidade de gerir os conflitos e divergências que ocorriam no seio do grupo.
- À medida que iam aprendendo novos conceitos, o seu vocabulário ia-se tornando mais rico, pois eram capazes de usar vocabulário específico da área.
- Os alunos envolveram-se num trabalho de longa duração onde puderam fazer uso dos seus processos cognitivos levando-os a pensar, refletir, relacionar o conhecimento permitindo resolver problemas.
- Os alunos sentiram que as suas aprendizagens ultrapassaram as barreiras da sala de aula.

### 6.2.2 Relatórios de autoavaliação das sessões

Depois de cada sessão de trabalho, foi solicitado aos alunos que preenchessem um *relatório de autoavaliação* onde podiam classificar a atividade e o seu desempenho na mesma. A grelha preenchida pelos alunos é dada no **Anexo I1**. Na primeira e segunda sessões não foi pedido o preenchimento deste relatório, uma vez que não se considerou relevante dada a natureza introdutória e mais “teórica” das mesmas. No final das terceira, quarta, quinta, sexta e sétima sessões foi solicitado aos alunos que preenchessem um relatório de autoavaliação de forma a perceber o desempenho dos alunos nas mesmas.

Depois de um olhar atento a estes relatórios, para a análise dos dados respetivos, resolveu-se, para facilitar a leitura, organizar a análise por cada questão e verificar os seus resultados nas diferentes sessões e de forma global. Relativamente à questão “**O que achaste da tarefa?**”, os alunos consideraram-nas em geral muito interessantes (**Figura 63**). Treze dos quinze alunos em todas as sessões, exceto na sessão de programação no robô onde a opinião foi mesmo unânime. Apenas um aluno considerou uma das sessões (5) pouco interessante. Conclui-se, assim, um grau de interesse muito elevado por parte dos alunos nas atividades de construção e programação de robôs, que não esmoreceu na sessão dedicada à área da Matemática.

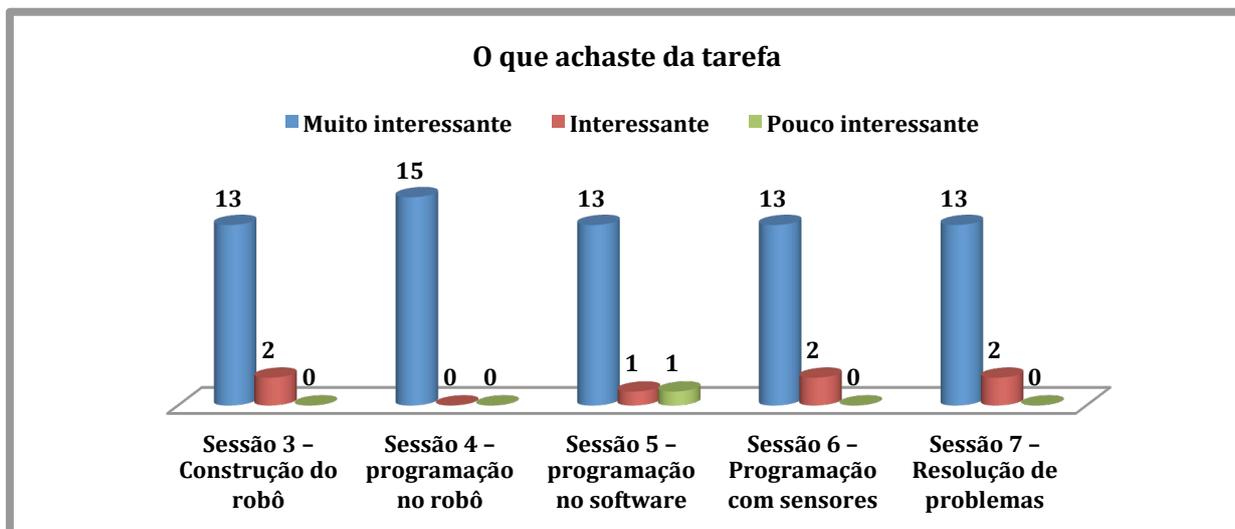


Figura 63 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 1

Pela auscultação feita aos alunos depois de cada sessão na questão seguinte, pode concluir-se que todos eles (15) referiram ter aprendido algo de novo em todas as sessões (**Figura 64**). Tal pode dever-se à metodologia inovadora, pois os alunos nunca tinham contactado nem trabalhado com esta ferramenta tecnológica e com esta metodologia de trabalho.

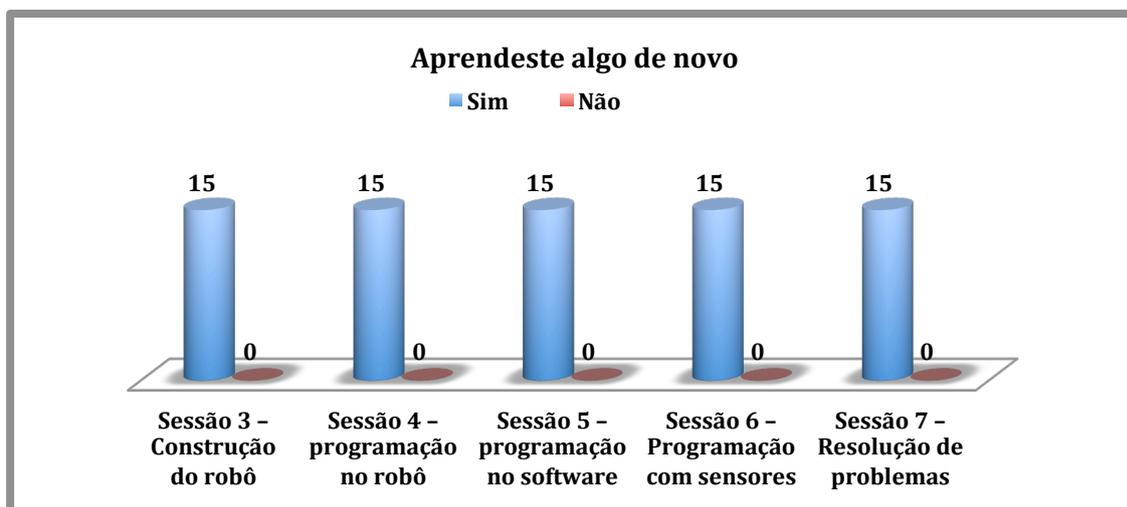


Figura 64 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 2

Pelos dados obtidos na questão 3 (“Gostei de trabalhar em grupo?”) pode considerar-se que, de uma forma geral, os alunos gostaram de trabalhar em grupo,

havendo um aluno que não gostou de trabalhar com o seu par nas sessões 5 e 6 (**Figura 65**). Na sessão 7, por ser uma sessão extensa decorrendo durante 20 horas, dois alunos não gostaram do seu par para desenvolver o trabalho. Mas, de uma forma bastante positiva, a maioria gostou de trabalhar com o seu par e o trabalho foi profícuo.

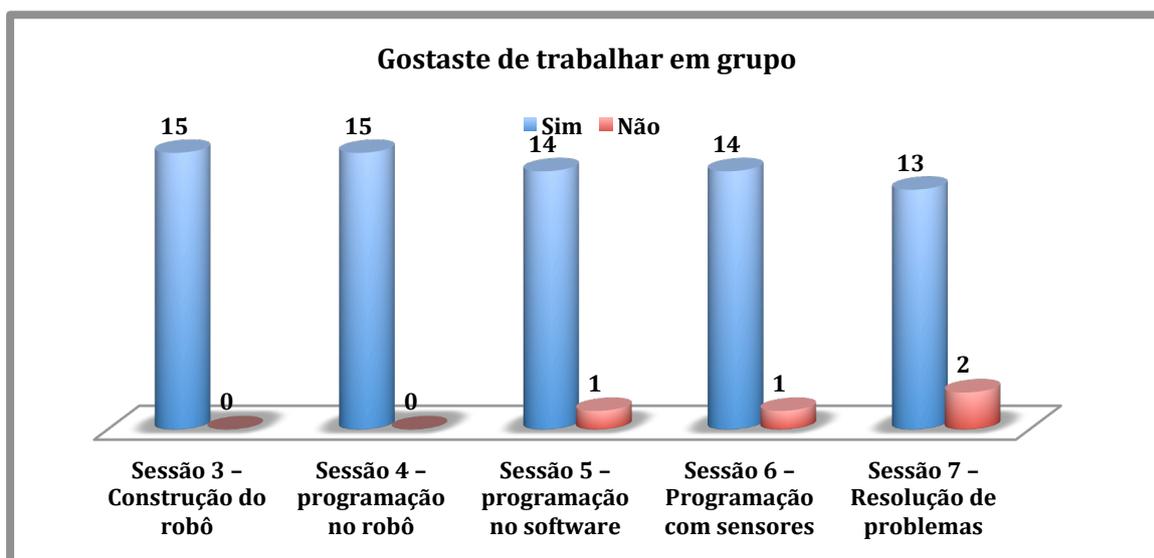


Figura 65 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 3

Na questão 4, pode verificar-se que todos os alunos (15) gostaram do trabalho que desenvolveram em todas as sessões de forma unânime (**Figura 66**).

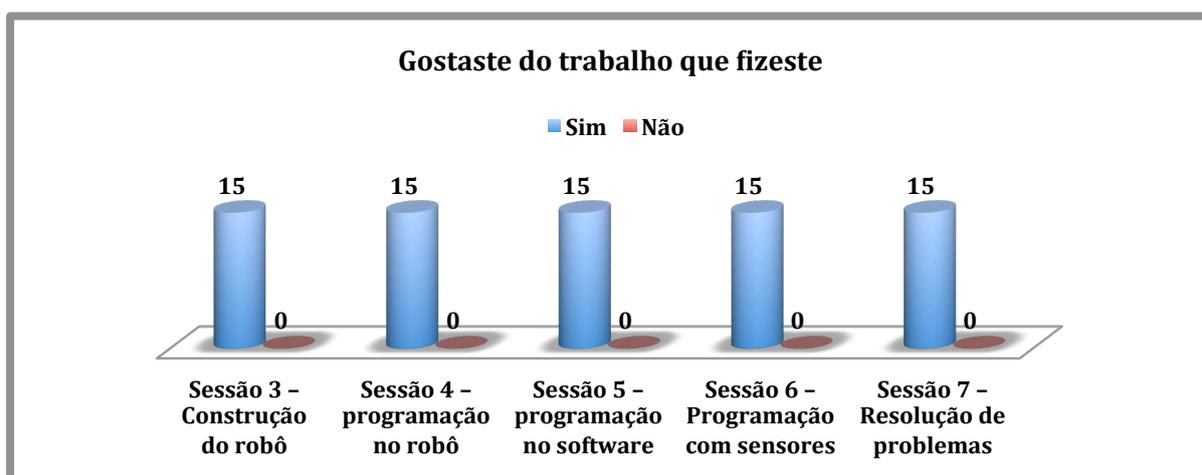


Figura 66 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 4

De uma forma igualmente unânime, na questão 5, os alunos referiram ter experienciado uma experiência nova em todas as sessões (**Figura 67**).

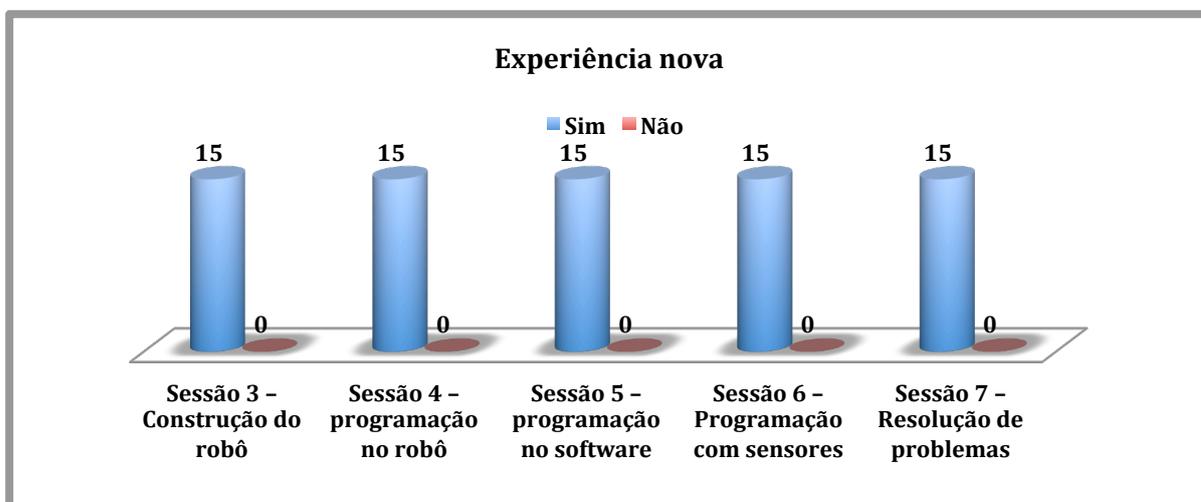


Figura 67 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 5

Por outro lado, na questão seguinte, a grande maioria dos alunos considerou que o tempo de realização da atividade foi suficiente (**Figura 68**). Havendo três alunos que consideraram insuficiente para a sessão resolução de problemas e três consideraram tempo a mais para a sessão de programação no software. Pode-se verificar que nesta fase os alunos estavam a ver concretizados os seus conhecimentos.



Figura 68 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 6

Quanto à questão relativa as dificuldades na atividade, a maioria dos alunos, variando entre onze e catorze, considerou que teve algumas dificuldades (**Figura 69**), o que demonstra que os alunos consideraram as tarefas exigentes e que a sua

opinião positiva não advém de serem atividades pouco exigentes. Em todas as sessões houve pelo menos um aluno que não sentiu dificuldades.

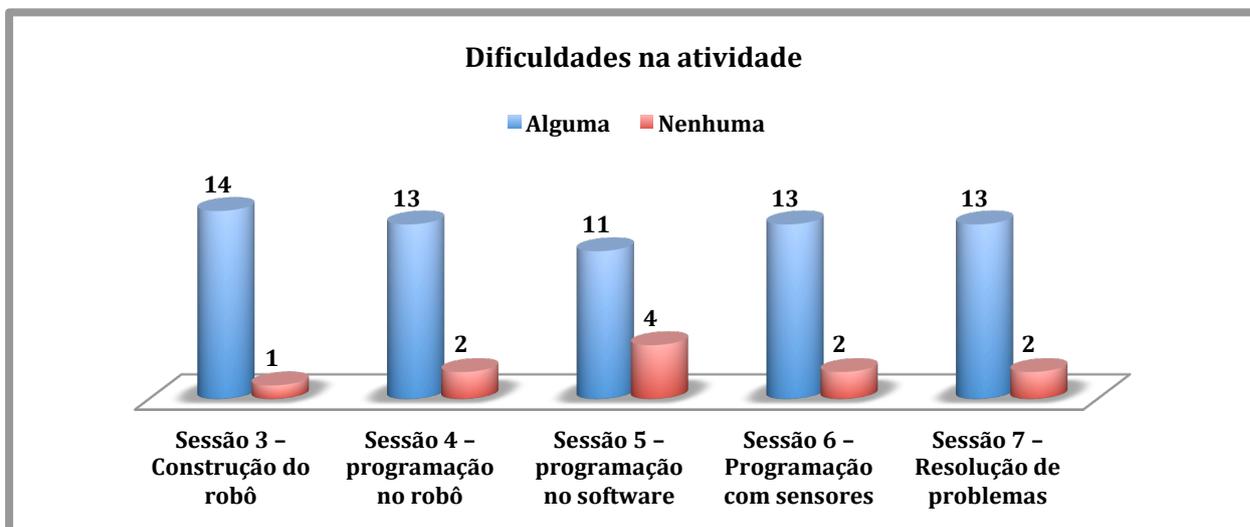


Figura 69 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 7

Na questão seguinte, todos os alunos consideraram que a informação dada pela investigadora foi suficiente em todas as sessões (Figura 70).

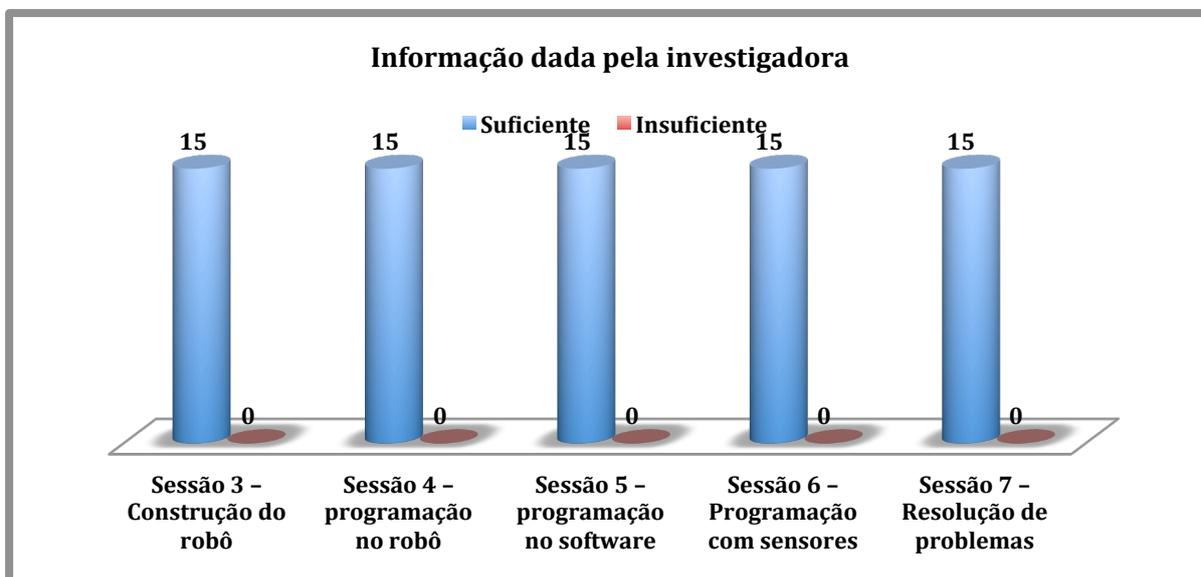


Figura 70 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 8

No que diz respeito à atenção dos alunos nas sessões, entre nove e onze alunos consideraram estar sempre atentos na atividade durante as sessões, enquanto entre três a cinco consideraram estar muitas vezes atentos (Figura 71).

A resposta “poucas vezes” foi dada apenas por um aluno numa das sessões e a resposta “algumas vezes” foi dada entre zero e três vezes. No geral, o nível de atenção dos alunos foi bastante elevado.

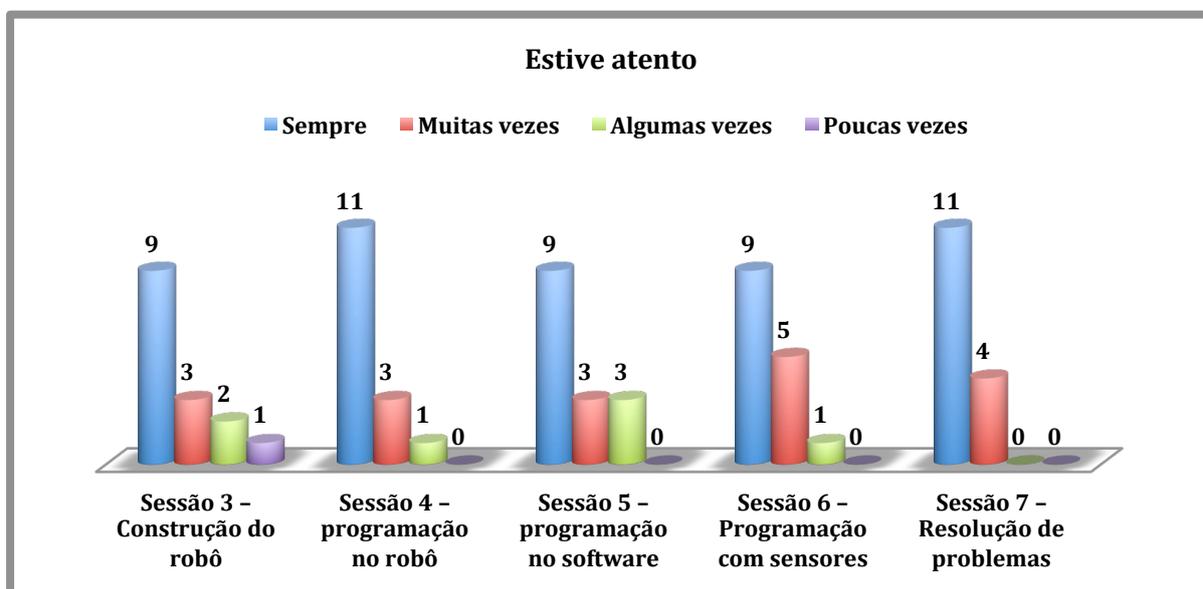


Figura 71 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 9

Durante as sessões, os alunos consideraram que tiveram cuidado com o material. Entre onze e catorze tiveram sempre cuidado e os restantes muitas vezes (Figura 72).

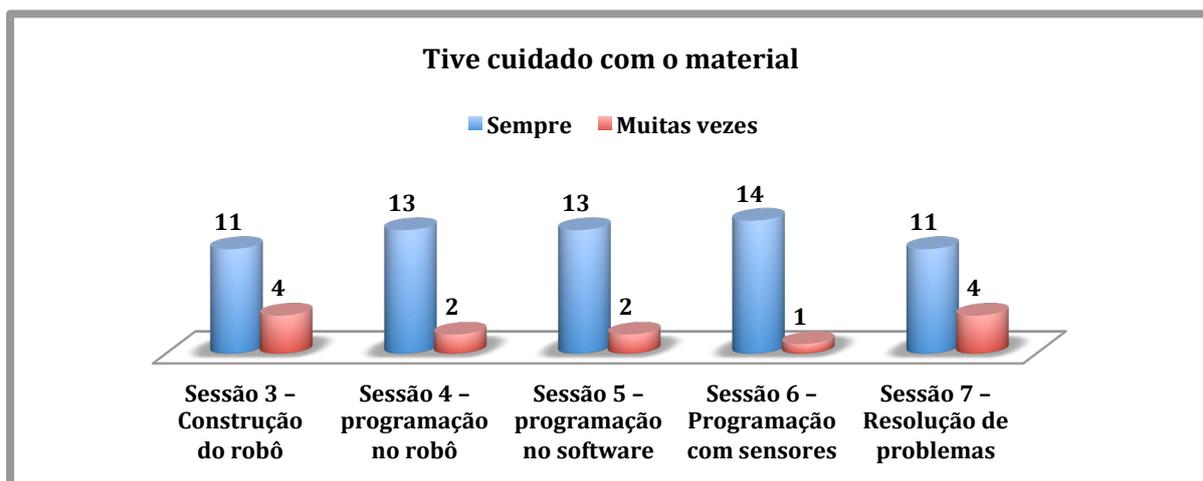


Figura 72 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 10

Durante o desenvolvimento das atividades os alunos consideraram ter cumprido as regras de forma bastante aceitável (Figura 73), sendo o nível

“sempre” referido entre oito a doze vezes e o nível “muitas vezes” entre duas e cinco vezes. Por outro lado, os níveis “algumas vezes” e “poucas vezes” foram apenas referidos entre zero e duas vezes.

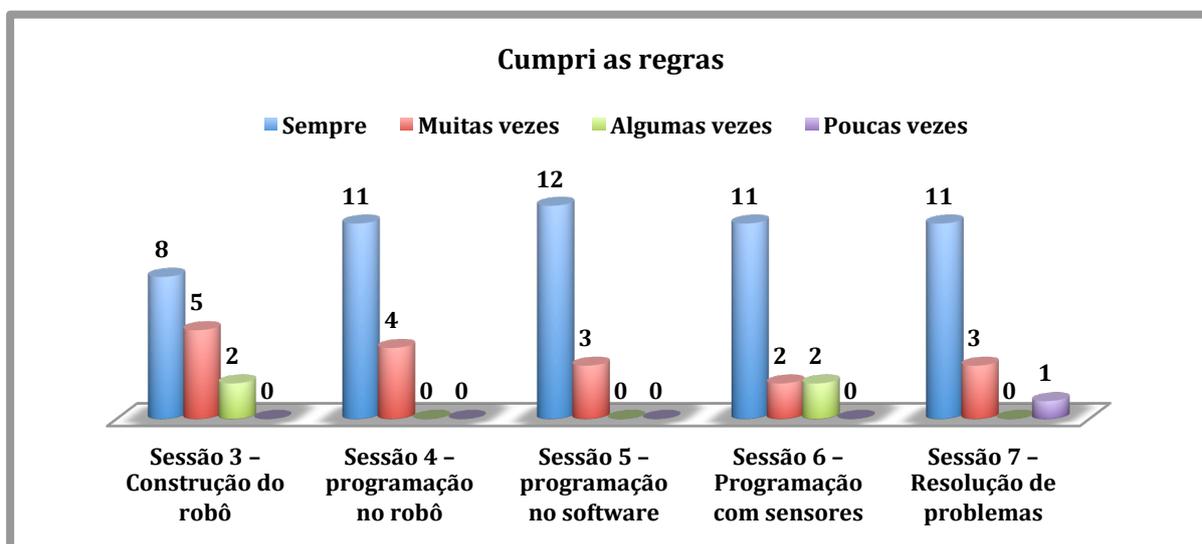


Figura 73 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 11

Em relação ao trabalho em grupo, os alunos responderam de forma muito positiva em relação ao seu desempenho (Figura 74). Assim, a resposta “sempre” foi dada nove a onze vezes e a resposta “muitas vezes” entre uma e cinco vezes, sendo que a resposta “poucas vezes” foi apenas dada entre zero e uma vez.

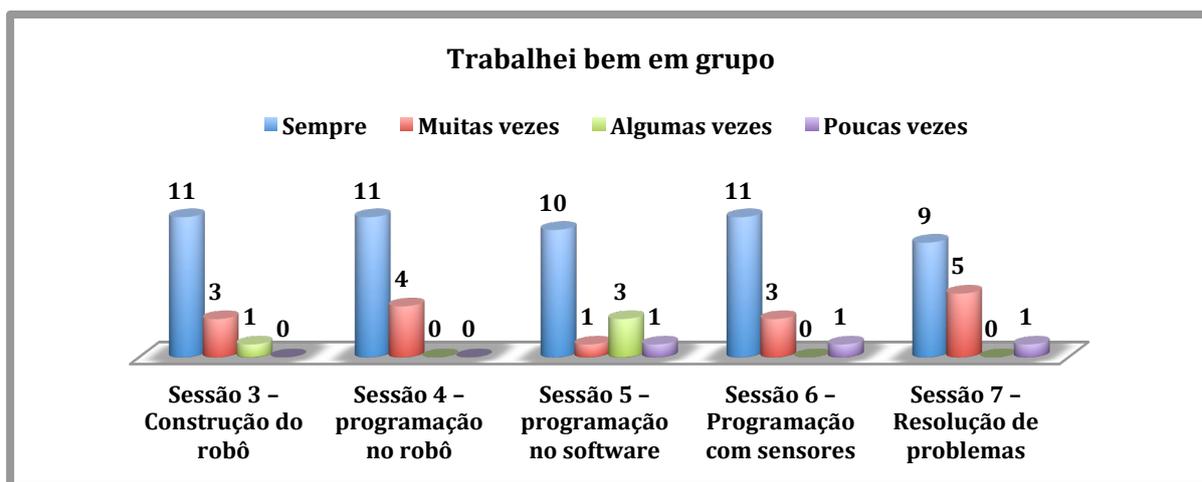
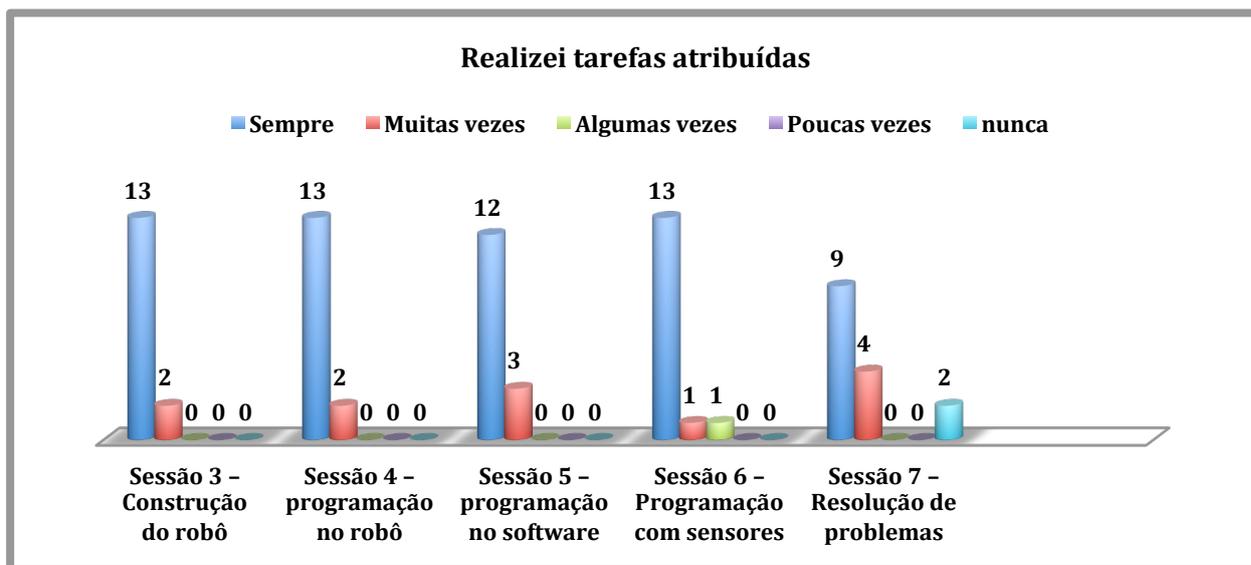


Figura 74 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 12

De forma semelhante, em relação ao cumprimento das tarefas atribuídas, os alunos responderam de forma muito positiva em relação ao seu desempenho

**(Figura 75).** Assim, considerando as sessões 3 a 6, a resposta “sempre” foi dada doze a treze vezes e a resposta “muitas vezes” entre uma e três vezes, sendo que a resposta “algumas vezes” foi apenas dada entre zero e uma vezes e as respostas “poucas vezes” e “nunca” não foram dadas. Na sessão 7, referente aos problemas de Matemática, os resultados foram ligeiramente menos positivos havendo dois alunos que responderam “nunca” revelando algumas dificuldades nesta sessão.



**Figura 75 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 13**

No que diz respeito à autonomia demonstrada pelos alunos, a maioria dos alunos considerou ter um razoável grau de autonomia **(Figura 76)** respostas “sempre” e “muitas vezes” entre sete e catorze vezes e respostas “nunca” e “poucas vezes” entre zero e cinco vezes, com a sessão mais problemática a revelar-se a sessão 6 que envolveu os sensores.

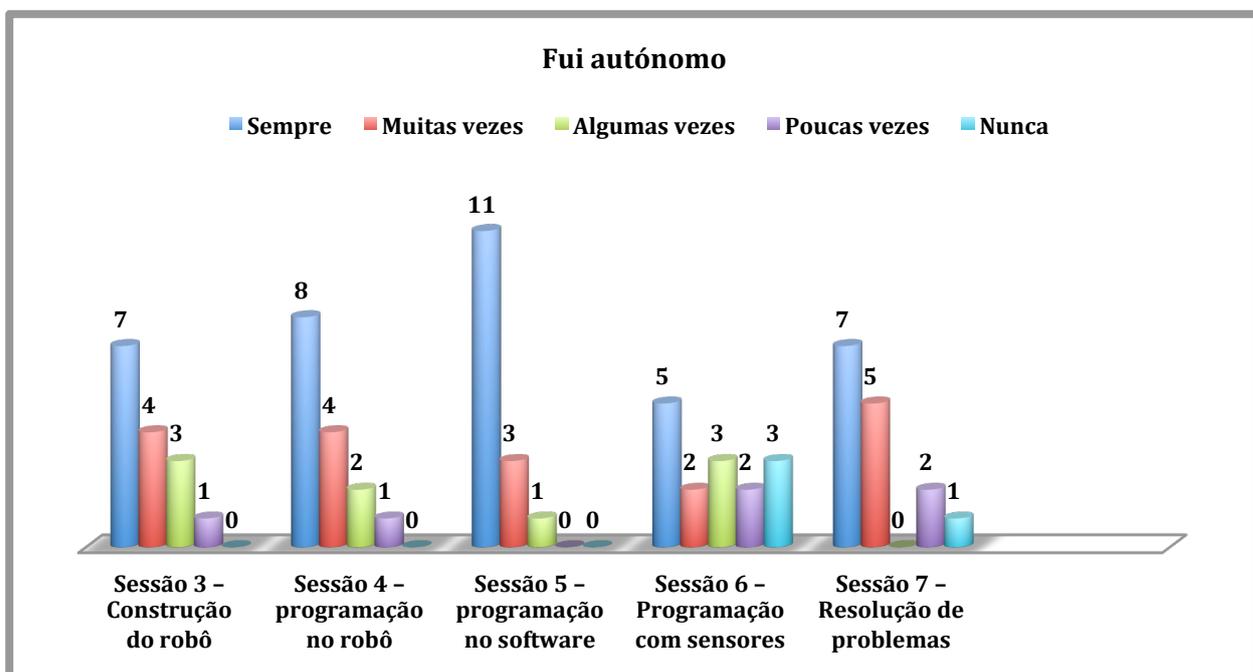


Figura 76 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 14

No que diz respeito à entreaajuda (**Figura 77**), os resultados mostram resultados mais equilibrados mas que mostram uma frequência elevada de pedidos de ajuda, caracterizando por um lado o grau de dificuldade das tarefas, mas também a capacidade de colaboração dos alunos.

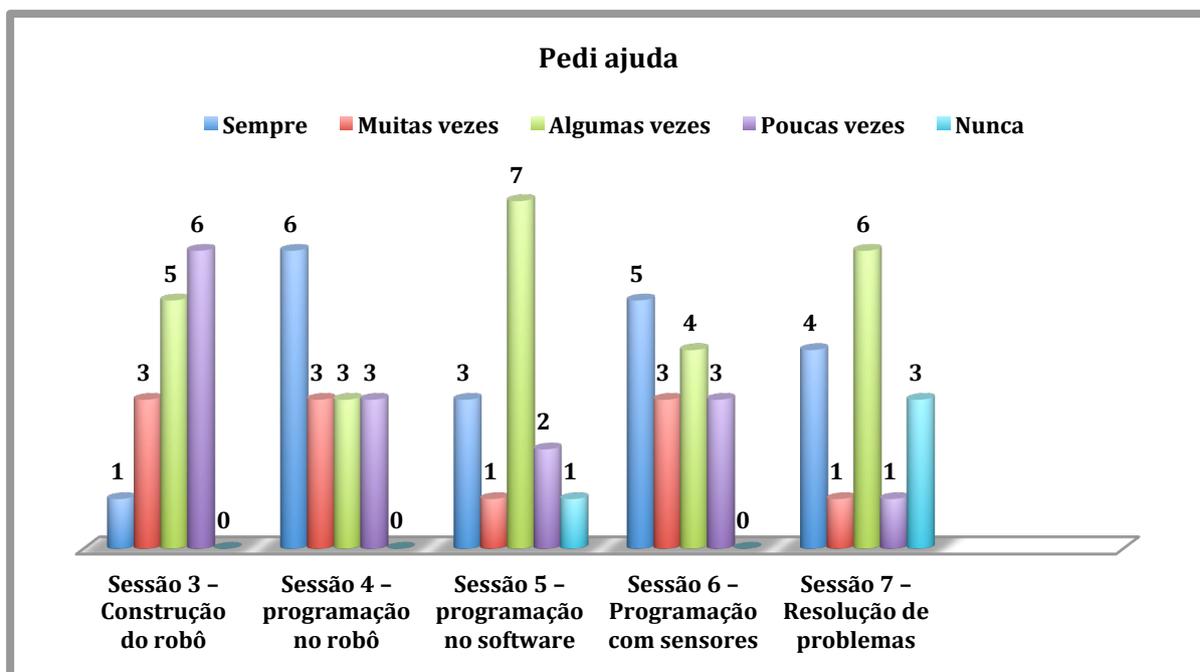


Figura 77 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: Questão 15

Considerando a percepção dos alunos em relação à gestão do tempo, as respostas foram geralmente positivas (**Figura 78**), sendo curiosamente a sessão mais complicada a sessão 3, de construção dos robôs (com cinco respostas “sempre” e seis “muitas vezes”), sendo nas sessões seguintes os valores entre oito e treze para “sempre” e entre uma e quatro para “muitas vezes”.

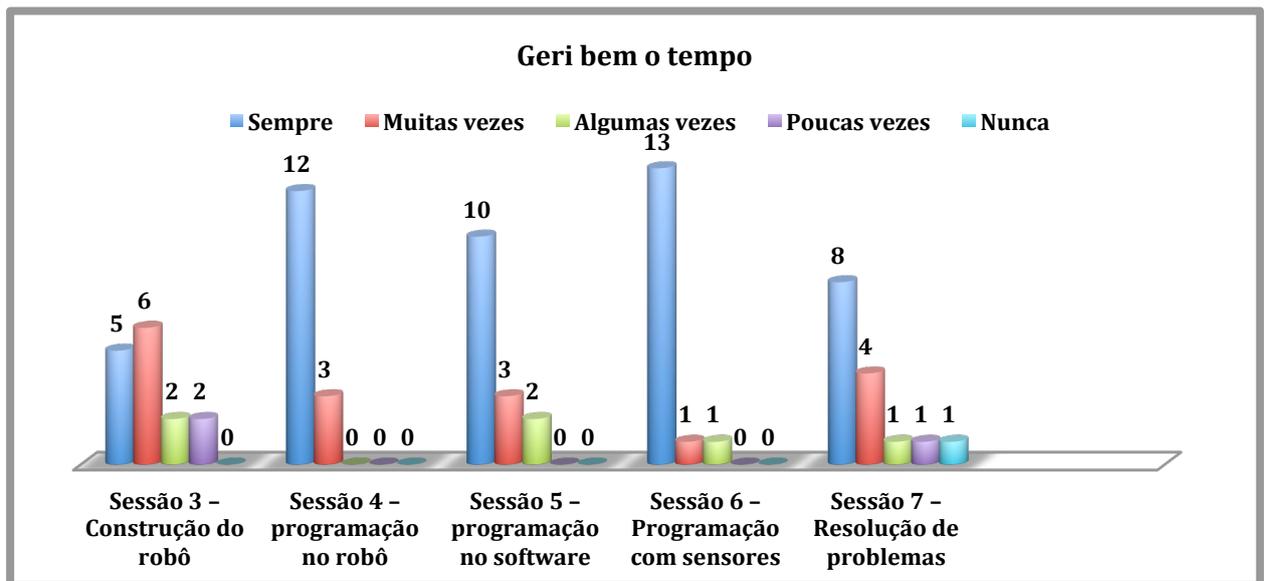


Figura 78 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 16

Finalmente, no que diz respeito às sugestões críticas, as respostas são bastante divididas sendo que as respostas negativas são mais significativas com o aumento da complexidade das sessões (**Figura 79**).

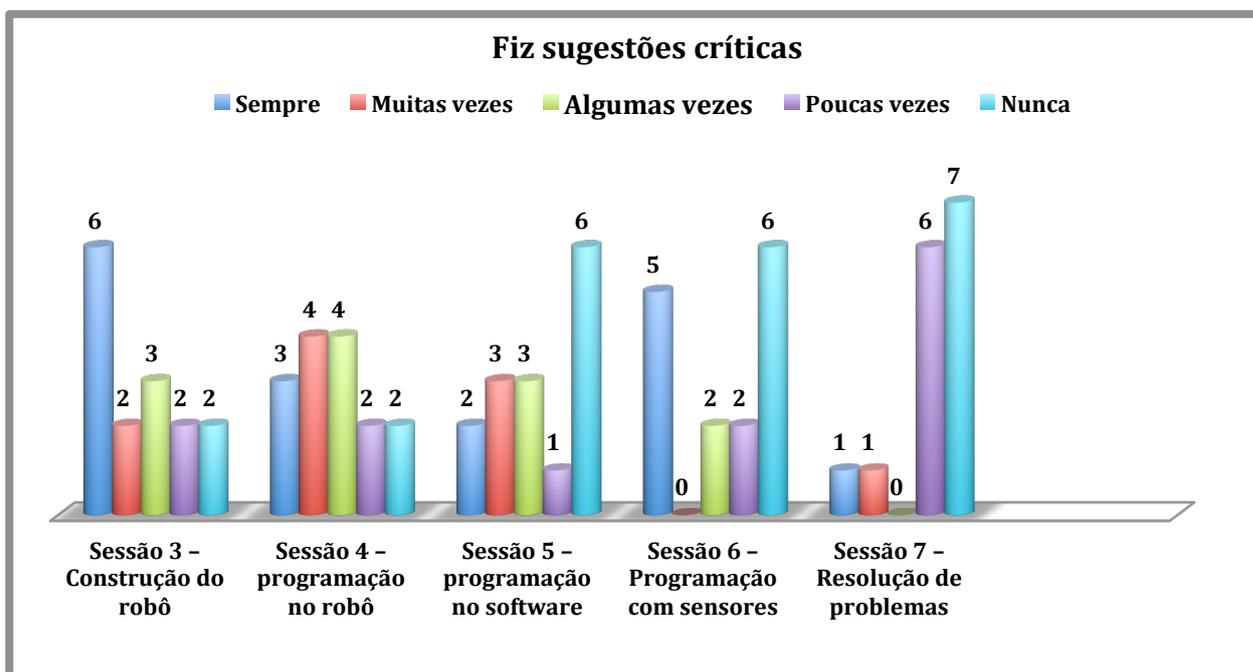


Figura 79 - Resultados da grelha de autoavaliação dos alunos: questão 17

### 6.2.3 Diários de bordo dos alunos: análise por categorias

Os *diários de bordo dos alunos (Anexo I2)*, conforme descrito na **secção 5.4.6**, foram usados para recolher as reflexões dos alunos após a conclusão de cada uma das sessões. Após o final de cada sessão, os alunos organizaram as suas reflexões em diversos tópicos, que se dividem nas categorias seguintes: dificuldades e tentativas falhadas, sucessos, situações aborrecidas, situações divertidas, dificuldades no trabalho em grupo e novas aprendizagens. As respostas dos alunos foram, assim, organizadas pelas categorias acima referidas e pelas diversas sessões de trabalho sendo dadas nas tabelas que se seguem.

A **Tabela 12** resume as respostas dos alunos ao *nível das dificuldades sentidas e diversas tentativas falhadas*. A leitura desta tabela confirma muitas das narrações da **secção 6.1**, ilustrando as diversas dificuldades sentidas pelos alunos nas diversas sessões, desde as dificuldades no encaixe das peças na construção dos robôs, aos processos de tentativa e erro da programação e às dificuldades de medição precisa de distâncias percorridas.

<b>Categoria</b>	<b>Sessões</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Evidências</b>
<b>Dificuldades e tentativas falhadas</b>	<b>Sessão 3</b>	5	dificuldade em construir dificuldade em encaixar as peças e montar os dois motores dificuldade em montar peças errei algumas vezes a construir os motores o meu colega ajudou-me a perceber os erros
	<b>Sessão 4</b>	11	programá-lo à primeira vez programar a parte do som programar o robô poucas dificuldades algumas tentativas deram erro errei duas vezes na programação dificuldade em distinguir as setas programá-lo com setas falhamos, mas conseguimos com ajuda errei uma vez porque o sensor não estava encaixado pôr o robô a andar, tinha muitas caixas para programar
	<b>Sessão 5</b>	9	algumas programações complicadas não tive dificuldades tive dificuldades num exercício aprender a programar no NXT dificuldade em pô-lo andar para a frente e para trás dificuldade porque todos tiveram dúvidas errei porque não estava a perceber não consegui programar direito dificuldades em ativar o robô para ele trabalhar

	<b>Sessão 6</b>	11	não percebia muito bem como o programar admito que tenhamos alguns erros, estamos a aprender trabalhar com o NXT programar o robô dificuldade em passar o programa do computador para o robô tive erros mas acabei por os emendar dificuldades em fazer curvas e círculos dificuldade em fazer o quadrado, círculo e o retângulo por causa dos ângulos ficarem abertos dificuldade em fazer o círculo dificuldades em fazer quadrados e retângulos
	<b>Sessão 7</b>	10	poucas dificuldades falhei em alguns problemas dificuldade em medir porque às vezes dava mal falhei alguns cálculos dificuldade em fazer algumas medições dificuldade em acertar as medidas que o robô andava dificuldade em medir, o companheiro não ajudava, estava sempre distraído dificuldades na colocação da fita métrica e medir a distância

**Tabela 12 - Evidências no diário de bordo dos alunos - categoria dificuldades e tentativas falhadas**

Por sua vez, a **Tabela 13** recolhe as evidências de *sucesso* identificadas pelos alunos, podendo observar-se o progresso ao longo das sessões na construção do robô, nos programas desenvolvidos correspondendo aos pedidos realizados.

<b>Categoria</b>	<b>Sessões</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Evidências</b>
<b>Sucessos</b>	<b>Sessão 3</b>	5	construí-lo e vê-lo a movimentar-se construir o robô primeiro do que os rapazes encaixar os dois motores um no outro foi fácil nunca nos enganámos

	<b>Sessão 4</b>	7	montar o robô e programá-lo fazer algumas programações ligar os motores programar o robô com tempos em algumas programações mais fáceis não tive sucessos com a programação e com os sensores
	<b>Sessão 5</b>	8	parecia difícil mas era fácil nunca tive sucessos programação no computador programar o robô foi fácil quando mostrei aos meus colegas o robô programado acertar nas coisas que fiz a melhor coisa que me aconteceu foi perceber como programá-lo forma poucos. Nesta área não vou ser tão inteligente.
	<b>Sessão 6</b>	5	programar do computador para o robô quando tocávamos no sensor de toque e ele virava não tive sucessos porque tive muitas dificuldades senti que a Prof. <sup>a</sup> estava contente com o nosso trabalho fazer o círculo
	<b>Sessão 7</b>	7	muitos sucessos porque apender matemática com o robô e um pouco difícil a divisão das distancias pelas rotações dava sempre 17 medir as rotações fazer cálculos sem medir e depois ver que as medições estavam corretas (iguais aos cálculos) conseguir efetuar as medições depois da Prof. <sup>a</sup> explicar

**Tabela 13 - Evidências no diário de bordo dos alunos –categoria sucessos**

A **Tabela 14** e a **Tabela 15** ilustram, respetivamente, as situações que os alunos consideraram mais divertidas e mais aborrecidas. É possível confirmar

pelas respostas que os alunos nutriram por toda a atividade grande entusiasmo e que se divertiram enquanto aprenderam.

<b>Categoria</b>	<b>Sessões</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Evidências</b>
<b>Divertido</b>	<b>Sessão 3</b>	4	divertido construir super divertido divertido montar as peças do robô tudo divertido
	<b>Sessão 4</b>	12	ver os robôs a fazer as coisas que eles fazem muito divertido quando ligamos o robô quando cantamos e eles andam medir as cores programar sons com as peças colocar peças e fazer um robô com ajuda dos colegas mexer nele e programá-lo imensamente divertido
	<b>Sessão 5</b>	12	adorei mexer no robô e programá-lo divertido, gostei muito achei os exercícios divertidos fazer programações gosto de trabalhar com a RE muito divertido divertido tudo divertido tarefas muito divertidas adorei a aula divertido acertar experiência divertida

	<b>Sessão 6</b>	8	<p>acho divertido ficar nos intervalos a fazer programações</p> <p>divertido ver a Prof.<sup>a</sup>. Célia com o seu entusiasmo a mostrar-nos como se programa um robô</p> <p>gosto de trabalhar com os robôs</p> <p>adoro a robótica, principalmente que me ensina experiencia nova e divertida</p> <p>aula toda divertida</p> <p>gosto da robótica</p> <p>gosto muito do projeto que estamos a desenvolver</p>
	<b>Sessão 7</b>	5	<p>tudo divertido porque aprendemos coisas novas</p> <p>divertido porque depois sabemos tudo</p> <p>a professora a explicar é um espetáculo</p> <p>divertido programar</p> <p>achei divertido</p>

**Tabela 14 - Evidências no diário de bordo dos alunos -categoria divertido**

<b>Categoria</b>	<b>Sessões</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Evidências</b>
<b>Aborrecido</b>	<b>Sessão 3</b>	2	<p>nada</p> <p>Porque tive de vir embora</p>
	<b>Sessão 4</b>	6	<p>nada aborrecido</p> <p>aborrecido quando não conseguia montar as peças</p> <p>aborrecido fazer programações erradas</p> <p>achei aborrecido quando fui embora</p> <p>aborreci-me quando errava a programação</p> <p>não gostei de montar as peças</p>
	<b>Sessão 5</b>	2	<p>nada aborrecido</p> <p>aborrecido falhar</p>
	<b>Sessão 6</b>	2	<p>aborrecido quando tinha alguma coisa mal</p> <p>sempre que me enganava ficava triste porque a Prof.<sup>a</sup> gostava de nós porque fazemos as coisas à 1<sup>a</sup> vez</p>
	<b>Sessão 7</b>	2	<p>aborrecido quando nos enganamos e a Prof.<sup>a</sup> ficou triste</p> <p>aborrecido medir</p>

**Tabela 15 - Evidências no diário de bordo dos alunos -categoria aborrecido**

A **Tabela 16** ilustra as principais *dificuldades dos alunos a trabalhar em grupo*. Apesar de algumas questões reportadas, que podem ser consideradas normais, o mais comum foi ser reportado um retorno bastante positivo dos alunos, que confirma o bom ambiente de trabalho e o espírito de ajuda mútua reportado na **secção 6.1**.

Categoria	Sessões	Ocorrências	Evidências
Dificuldades em trabalhar em grupo	Sessão 3	3	não tive dificuldades foi bom tive dificuldades - discutíamos um com o outro
	Sessão 4	11	não tive dificuldades em trabalhar em grupo fazíamos à vez tive dificuldades em trabalhar em grupo perdíamos as peças tive coisas que não percebia com o meu colega fixe trabalhar em grupo convivemos melhor com os colegas escolhi uma boa pessoa para o meu trabalho de RE se tivesse dificuldades pedia à prof. para ficar sozinho algumas dificuldades em grupo parceira boa para trabalhar eu dizia uma coisa e o colega outra
	Sessão 5	8	se eu tivesse dificuldades em trabalhar em grupo pedia à Prof. <sup>a</sup> para ficar sozinho porque não quero desestabilizar a aula algumas dificuldades em trabalhar em grupo dificuldades em trabalhar em grupo pouquíssimas dificuldades em trabalhar em grupo não tive dificuldades, parceiro bom
	Sessão 6	10	dificuldades em trabalhar em grupo, não conseguimos chegar a um consenso se este trabalho não fosse em grupo não me safava grupo funcionou às mil maravilhas dificuldade, o meu colega faltou difícil porque eu e o meu colega não sabemos não tive porque fiquei sozinho a companheira faltou tive muitas dificuldades

			não gostei de trabalhar em grupo, preferia individualmente não tinha parceiro
	<b>Sessão 7</b>	5	a colega faz tudo sozinha queixo-me se tenho dúvidas em vez de me ajudar tira-me a folha e faz ela dificuldade em trabalhar em grupo, a colega anda a passear pela sala e assim não consigo trabalhar

**Tabela 16 - Evidências no diário de bordo dos alunos –categoria dificuldades em trabalhar em grupo**

Finalmente, a **Tabela 17** identifica *novas aprendizagens* que os alunos foram identificando nas diversas sessões realizadas. O número elevado de respostas nesta categoria demonstra que os alunos sentiram em todas as sessões que estavam a aprender coisas novas e tal contribuiu para o entusiasmo que foi sendo patente durante todo o período de desenvolvimento deste projeto. De realçar o elevado número de respostas na última sessão, muitas delas identificando ligações importantes entre a robótica e a resolução de problemas usando a matemática.

<b>Categoria</b>	<b>Sessões</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Evidências</b>
<b>o que aprendeste de novo</b>	<b>Sessão 3</b>	5	nome das peças como encaixar as peças aprendi a trabalhar com os robôs aprendi a construir um robô a construir um robô
	<b>Sessão 4</b>	16	programar robôs é fixe aprendi a fazer programações aprendi a ligar o robô e a criar pastas aprendi que o robô pode ajudar-me em muitas coisas ajudar na matemática e LP aprendi o nome das peças de construção aprendi a trabalhar com autómatos

			<p>aprendi como se programa</p> <p>aprendi como anda o robô</p> <p>aprendi sobre as capacidades que têm para fazer coisas</p> <p>aprendi muitas coisas</p> <p>aprendi a imitar o robô</p> <p>aprendi a programá-lo para andar para a frente e trás</p> <p>aprendi o que sentem os robôs</p> <p>aprendi a medir com o robô</p> <p>aprendi a programar diretamente no robô</p>
	<b>Sessão 5</b>	21	<p>aprendi a passar do computador para o robô</p> <p>aprendi a programar no computador</p> <p>aprendi a programar e ver como ele funciona</p> <p>aprendi que se o motor B andar para a frente e o motor C para trás o robô vai andar para a direita</p> <p>aprendi como se apaga algumas programações</p> <p>aprendi a instalar a programação no robô utilizando o computador</p> <p>aprendi a construir e programar um robô</p> <p>aprendi como guardar as coisas no computador</p> <p>aprendi a programar robôs no computador</p> <p>aprendi que há várias formas de fazer uma só programação</p> <p>programar o robô é muito importante para nós</p> <p>programar é demasiado importante</p> <p>aprendi a montá-lo e a programá-lo</p> <p>aprendi a programar</p> <p>aprendi novas coisas sobre programação</p> <p>aprendi como se liga o robô</p> <p>aprendi a mexer no robô</p> <p>aprendi a comandar o robô</p> <p>aprendi tudo de novo</p> <p>aprender a montar e programar robôs não é todos os dias</p>

	<b>Sessão 6</b>	14	<p>aprendi a estar com um robô</p> <p>aprendi a fazer as tarefas e a mexer no robô</p> <p>aprendi que o robô tem sempre razão</p> <p>atividade importante para a nossa vida de estudante</p> <p>aprendi a por muita programação no computador</p> <p>aprendi a fazer uma programação grande</p> <p>gosto muito da robótica</p> <p>aprendi que pôr os robôs a fazer muitos exercícios ao mesmo tempo com muitos Loops que o robô fica maluco.</p> <p>aprendi a fazer quadrados, retângulos e triângulos</p> <p>aprendemos a fazer coisas novas</p> <p>aprendemos matemática</p> <p>aprendi a fazer círculos com o robô</p> <p>aprendi que se podem fazer figuras geométricas com o robô</p>
	<b>Sessão 7</b>	18	<p>aprendi a programar com segundos, com rotações e depois a medir distâncias que o robô percorria.</p> <p>aprendi a dividir a distancia pelo tempo ou rotação e a calcular a média que o robô fazia em cada rotação ou segundo.</p> <p>aprendi a programar o robô em segundos para ele percorrer um metro</p> <p>aprendi a medir a distância das rotações</p> <p>aprendi a usar a fita métrica</p> <p>aprendi quantas rotações precisava de programar o robô para ele percorrer um metro</p> <p>aprendi a medir com o robô</p> <p>aprendi a fazer contas sem medições</p> <p>aprendi que o robô com uma roda maior e com a mesma programação percorre mais distância</p> <p>aprendi que se metermos as rotações e quisermos passar para graus aparece automaticamente só temos que fazer os cálculos</p> <p>aprendi de novo o que é trabalhar com um robô a sério</p> <p>aprendi a trabalhar com graus</p>

			aprendi a resolver problemas com o robô aprendi que os robôs tinham de percorrer a distância que nós calculávamos antes aprendi que se programarmos em “degrees” e os passarmos para rotações ou segundos aparece o calculo coreto aprendi a medir as distancias percorridas pelo robô depois na sala de aula sabemos alguns problemas
--	--	--	--

**Tabela 17 - Evidências no diário de bordo dos alunos –categoria novas aprendizagens**

#### **6.2.4 Análise dos questionários realizados aos alunos**

Durante o trabalho, e conforme já foi descrito na **secção 5.4.5**, foram utilizados diversos questionários para avaliar as perceções e as opiniões dos alunos em relação a diversos aspetos relevantes para o estudo. Nesta secção, faz-se uma análise detalhada aos resultados obtidos pela aplicação destes questionários.

##### ***Questionário de avaliação do software (Anexo Q2)***

Neste questionário, o objetivo passou por recolher as principais opiniões dos alunos em relação ao *software* usado para a *programação* dos robôs. Pretendia avaliar-se da sua usabilidade tendo em atenção o nível etário dos alunos do 1º ciclo e verificar se este fator poderia contribuir para dificuldades acrescidas por parte dos alunos nas tarefas de programação.

O questionário completo é fornecido no **Anexo Q2**, sendo a grelha de respostas dos alunos dada pela **Figura 80**.

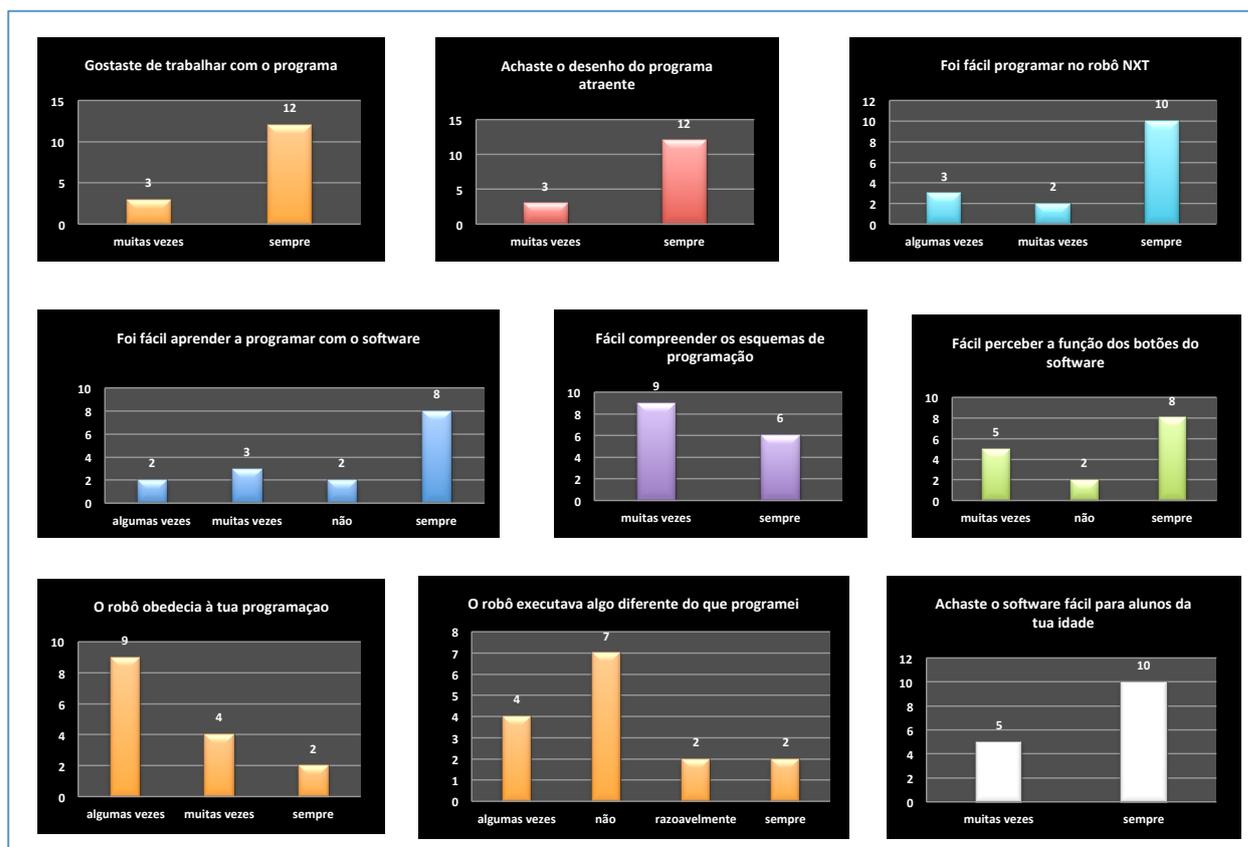


Figura 80 - Resultados do questionário de avaliação do software

Globalmente, pode verificar-se que os alunos se sentiram confortáveis com o software, achando-o atraente e não sentindo um grau elevado de dificuldade na sua utilização, referindo inclusivamente que consideram o software adequado para a sua idade. Ainda assim, dois dos alunos referem dificuldades na aprendizagem do software, havendo vários alunos que respondem que nem sempre o robô se comportava da forma que esperavam após a programação.

**Questionário semiaberto – avaliando a relação entre a robótica e a matemática e o trabalho em grupo (Q3)**

Com este questionário semiaberto (**Anexo Q3**) pretendia-se aferir, com um conjunto curto de questões, algumas questões relacionadas com a *motivação dos alunos para a relação Robótica-Matemática*, bem como algumas questões

relacionadas com a metodologia de trabalho (trabalho em grupo e relação com a professora). O objetivo seria dar aos alunos mais liberdade nas suas respostas e justificações.

Relativamente à questão **“O trabalho com os robôs motivou-te mais para a disciplina de matemática?”**, todos os alunos referiram que trabalhar com esta ferramenta tecnológica foi algo que os motivou para a disciplina da matemática (**Figura 81**). A principal razão apresentada foi a de que trabalhar com o robô lhes permitiu aprender matemática (8 respostas), tendo quatro alunos referido que o “robô tem matemática”, intuindo esta relação por inerência. Dois dos alunos referem ainda que a atividade lhes permitiu aprender conceitos matemáticos novos.

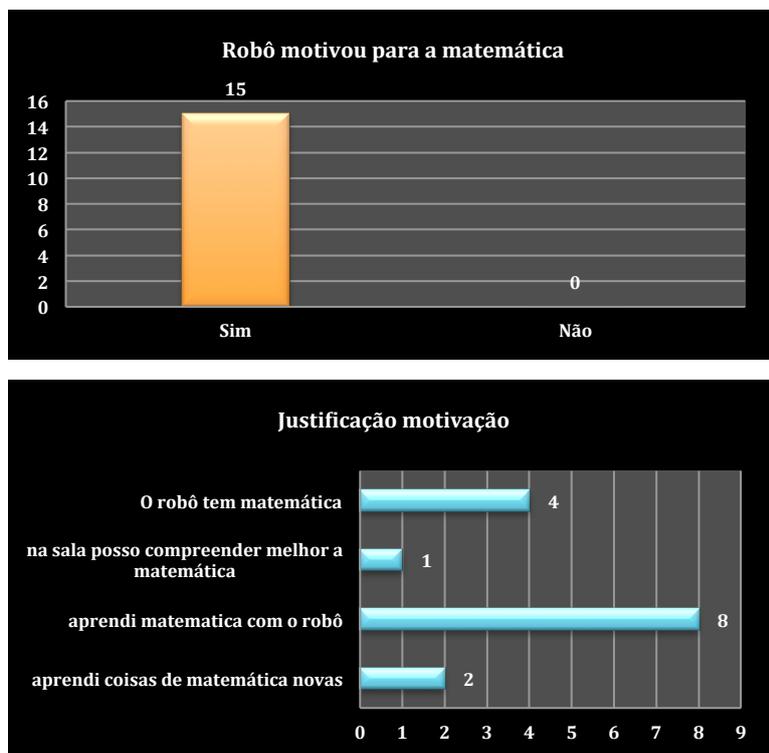


Figura 81 - Respostas à questão "O robô motivou para a matemática?" e respetivas justificações

De forma relacionada com a anterior, na questão **“Gostaste de usar robôs para resolver situações problemáticas nas tuas aulas?”** todos os alunos responderem afirmativamente (**Figura 82**). Seis alunos referem que o “robô são problemas” ou seja, trabalhar com um robô é estar constantemente perante

desafios e situações problemáticas a que tem que se dar solução, enquanto cinco alunos indicam que aprenderam a resolver problemas com a atividade de Robótica Educativa, sendo as outras respostas no mesmo sentido com semânticas ligeiramente distintas.

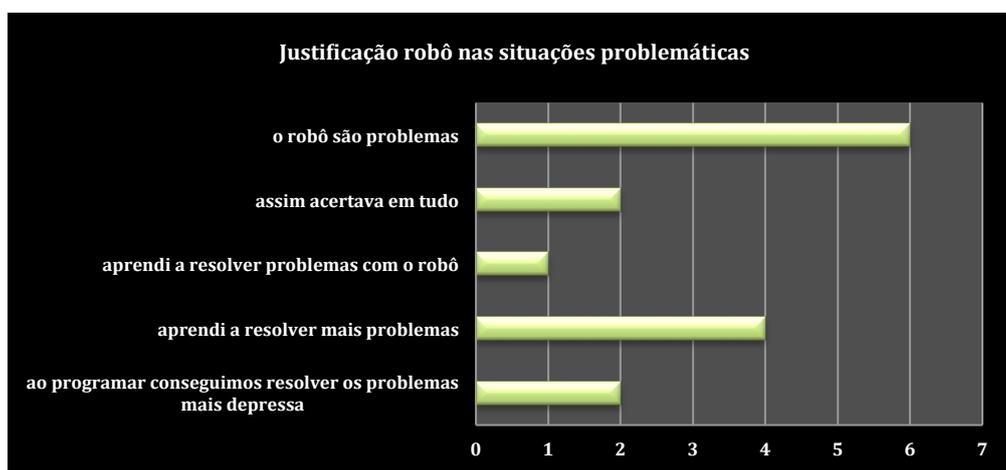
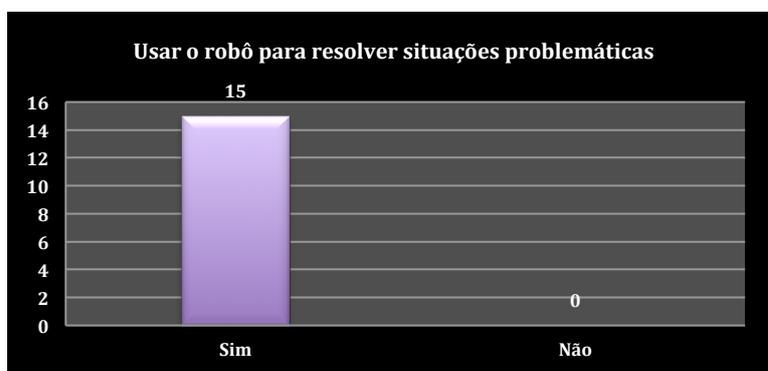


Figura 82 - Respostas à questão "Gostaste de usar robôs para resolver situações problemáticas nas tuas aulas?" e respetivas justificações

As questões seguintes abordaram a metodologia de trabalho e, mais concretamente, a forma como os alunos trabalharam em grupo. Quanto à primeira questão, **"Gostaste de realizar o trabalho a pares?"**, todos os alunos responderam que gostaram de realizar o trabalho a pares (**Figura 83**), apontando como justificações o facto de poderem partilhar as ideias uns com os outros (5 alunos) e de parceiro ter sido uma grande ajuda (10 alunos).



Figura 83 - Respostas à questão "Gostaste de realizar o trabalho a pares?" e respetivas justificações

Na questão seguinte, **“Tinhas aprendido mais se tivesses trabalhado sozinho?”**, apenas um aluno referiu que teria aprendido mais se tivesse trabalhado sozinho e todos os restantes afirmaram o contrário (Figura 84). Apresentaram justificações como o facto de precisarem de um “empurrãozinho” de alguém (2 alunos), de carecerem de um colega para ajudar (6 alunos), de não serem bons alunos a Matemática e precisarem de ajuda de alguém (2 alunos) e de que sozinhos não haveria partilha de ideias (4 alunos).





Figura 84 - Respostas à questão "Tinhas aprendido mais se tivesses trabalhado sozinho?" e respetivas justificações

Por seu lado, e na sequência, todos os alunos consideraram que **"O trabalho com o colega permitiu partilhar ideias"** (Figura 85) pelo facto de quando não sabiam alguma coisa o colega poder explicar (4 alunos), porque puderam dar a suas opiniões (8 alunos) e porque ambos davam conselhos (2 alunos).

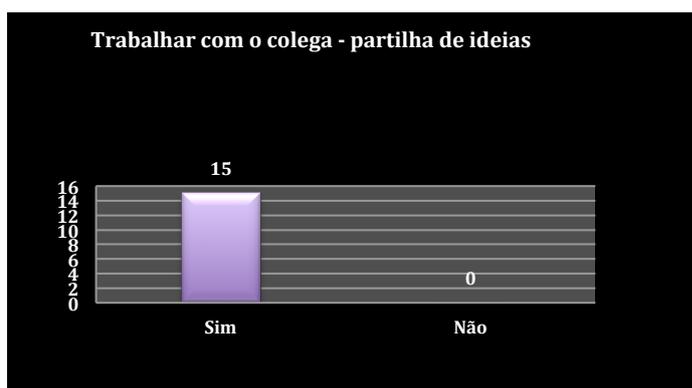


Figura 85 - Respostas à questão "Trabalhar com o colega permitiu partilhar de ideias?" e respetivas justificações

Finalmente, a última questão pretendia avaliar a relação de trabalho com a professora/investigadora. À questão **“Recorreste ao professor para esclarecer dúvidas? Que tipo de dúvidas?”** todos os alunos responderam que recorreram à investigadora para tirarem dúvidas ou pedir ajuda (**Figura 86**), apontando vários exemplos concretos de questões que lhes suscitaram essa necessidade.



Figura 86 - Respostas à questão "Recorreste ao professor para esclarecer dúvidas?" e respetivas justificações

#### **Questionário fechado – avaliando o trabalho realizado e a metodologia (Q4)**

No final do trabalho foram realizados vários questionários fechados em que os alunos avaliaram diversos aspetos da execução das atividades e da sua perceção sobre as mesmas. Sendo questionários fechados de escolha múltipla com uma grelha fixa de respostas, tomou-se algum cuidado com a polaridade das questões de forma a evitar respostas automatizadas.

O primeiro questionário (**Anexo Q4**) pretendia complementar o que foi apresentado na secção anterior na determinação de algumas questões relacionadas com a *motivação dos alunos para as atividades de Robótica-*

*Matemática e sua percepção sobre as mesmas*, bem como algumas questões relacionadas com a *metodologia de trabalho (trabalho em grupo e relação com a professora)*. A lista completa de questões e respostas é apresentada na **Tabela 18** que se segue.

Globalmente, as respostas confirmaram as tendências apontadas pela análise desenvolvida na secção anterior. É notória uma resposta maioritariamente positiva dos alunos às atividades de robótica realizadas, uma percepção do seu valor pedagógico, bem como uma valorização do trabalho em equipa e da entreatajuda entre todos.

Questão	CT	C	Ind	D	DT
a) Gostei de trabalhar com os robôs	15				
b) Considero que aprendi mais sobre tecnologias	15				
c) Aprendemos mais uns com os outros Para alcançar objectivos é necessário que nos	11	4			
d) ajudemos uns aos outros	11	2			2
e) Assim, trabalho menos				2	13
f) Trabalho com mais entusiasmo	15				
g) Por vezes há colegas que querem fazer tudo sozinhos Quando trabalho estou a contribuir para o sucesso do	1	6	4		4
h) meu grupo	15				
i) Não tem mal conversarmos sobre outros assuntos Prejudico o meu grupo quando não trabalho como	2	1	4		8
j) devo	10		1		4
k) Estão sempre à espera que eu faça tudo sozinho		3	2	2	8
l) Costumo pensar no que funcionou mal	10	2	1		2
m) Alguns colegas querem o robô só para eles Com os outros colegas aprendo a trabalhar melhor		5	2	4	4
n) com o robô	12	3			
o) Aprendemos de forma mais agradável Grupos de dois alunos por computador/ robô	15				
p) funcionam bem Quando estamos no computador/robô gosto de ser eu	13		2		
q) a mexer Prefiro trabalhar acompanhado porque sinto-me mais	4		7		4
r) apoiado	13	2			
s) Chateamo-nos muitas vezes Grupos de mais do que dois alunos por computador/	4				11
t) robô funcionam bem Gostei de utilizar o computador e o robô como	1	2	2	4	6
u) ferramenta de trabalho	13	2			
v) Foi fácil trabalhar com o software Lego Mindstorms	11	2		2	

CT: concordo totalmente; C: concordo; Ind: indiferente; D: discordo; DT: discordo totalmente

Tabela 18 - Resultados do primeiro inquérito fechado

### Questionário fechado – satisfação sobre o trabalho realizado (Q5)

Um segundo questionário fechado (**Anexo Q5**) foi realizado para determinar o grau de *satisfação dos alunos nas diversas fases do trabalho e tarefas realizadas*. Os resultados globais são apresentados na **Tabela 19**. Globalmente, a

percepção dos alunos é extremamente positiva, não se notando oscilações nas diversas fases e tarefas realizadas.

	GM	G	Ind	GP	NG
Utilizar o robô nas atividades	15				
Utilizar o computador e o robô como ferramenta de trabalho	15				
Conhecer o software Lego Mindstorms	15				
Recolher informação do ambiente com o robô	15				
Trabalhar em grupo	15				
Trabalhar em pares	12	3			
Preparar o trabalho para a realização das tarefas	15				
Apresentar o trabalho aos colegas	15				
Desenhar o robô (planejar)	11	4			
Construir o robô	15				
Programar o robô	15				
Executar as tarefas propostas	15				
Resolver problemas com o robô	15				
Ultrapassar desafios e obstáculos com o robô	15				
<b>GM: gostei muito; G: gostei; Ind: indiferente; GP: gostei pouco; NG: não gostei</b>					

**Tabela 19 - Resultados do segundo inquérito fechado sobre as percepções dos alunos em relação a diversas tarefas realizadas**

### Questionário fechado – avaliando as atividades de robótica (Q6)

Um terceiro questionário fechado (respostas sim/não) – **Anexo Q6** - foi realizado para perceber as *percepções dos alunos em relação à metodologia usada e tarefas realizadas*. Os resultados globais são apresentados na **Tabela 20**. As respostas permitem perceber que os alunos sentiram que as atividades de Robótica lhes permitiram adquirir competências na área da matemática de uma forma distinta e que, na globalidade, eles valorizaram. No geral, os alunos sentiram-se bem nas atividades e referiram vontade de repetir a experiência.

Questão	Sim	Não
Gostaste de usar o robô para aprender e trabalhar conceitos de matemática?	15	
Será que com esta ferramenta os conceitos ficaram melhor compreendidos e assimilados?	15	
Em relação às atividades de robótica consideras que estavam bem organizadas?	15	
As tarefas eram confusas?		15
As tarefas eram difíceis de resolver?		15
O número de tarefas era necessário para compreender os conc	13	2
Teria sido mais interessante se tivesse demorado menos tempo?		15
Gostavas que ainda não tivesse acabado as atividades com os robôs?	15	
Para o ano gostavas de continuar a desenvolver atividades e projetos com os robôs?	15	
A robótica permitiu-te compreender as matérias ao teu ritmo?	13	2
A robótica permitiu-te resolver as tarefas à tua maneira?	15	
As atividades de robótica fizeram-te sentir um investigador/cientista?	15	
A robótica motivou-te para a disciplina de matemática?	15	
Agora conseguiste ver que afinal a matemática é importante e útil para outras tarefas e atividades?	15	

Tabela 20 - Resultados do terceiro inquérito fechado

### **Questionário de caracterização do grau de dificuldade das atividades (Q7)**

O questionário que se analisará em seguida (**Anexo Q7**) teve como intuito avaliar a *percepção dos alunos em relação ao grau de dificuldade de cada uma das tarefas realizadas*. Os resultados (**Tabela 21**) mostram que os alunos, em geral, não sentiram dificuldades elevadas nas atividades, notando-se que a percepção de dificuldade se tornou maior nas atividades de programação e relacionadas com os conceitos matemáticos.

Questão	MF	F	NF/ND	UPD	D
Construir um robô foi ...	11	2	2		
Programar um robô foi ...	7	6	1	1	
Usar o robô para aprender Matemática foi ...	6	5	3	1	
Usar o robô para aprender Ciências foi ...	8	6	1		

**MF: muito fácil; F: fácil; NF/ND - nem fácil nem difícil; UPD - um pouco difícil; D - difícil**

*Tabela 21 - Resultados do inquérito para aferição da percepção do grau de dificuldade das atividades*

### **Questionário de caracterização do desempenho dos alunos e percepção das aprendizagens desenvolvidas (Q8)**

Um questionário adicional (**Anexo Q8**) foi desenhado para aprofundar as *percepções dos alunos ao seu desempenho global nas atividades*, bem como no que se relaciona com as *aprendizagens conseguidas*.

O primeiro conjunto de questões abordou o *desempenho dos alunos nas atividades de Robótica (Figura 87)*, sendo claro que os alunos avaliam de forma muito positiva a sua participação nestas atividades, sendo esta opinião positiva algo unânime, realçada por mais de metade de respostas “Excelente” na caracterização do nível desempenho do trabalho dos alunos com o robô.

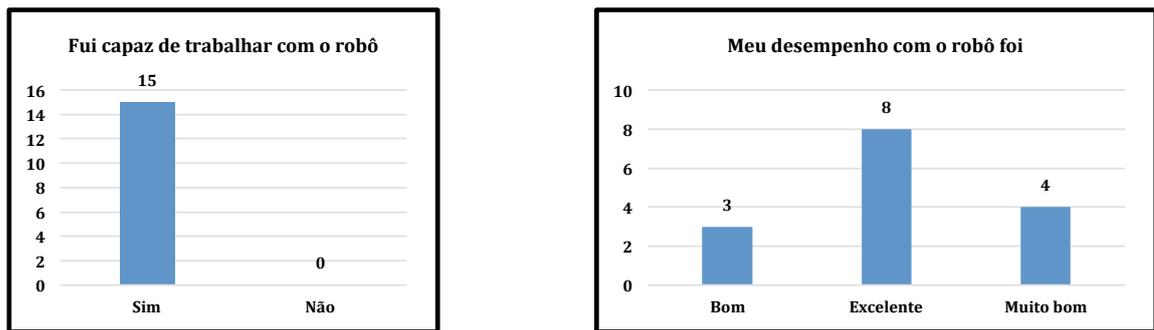


Figura 87 - Resultados das questões relativas ao desempenho dos alunos nas atividades de Robótica

O segundo conjunto de respostas relacionou-se com as *áreas de aprendizagem* identificadas pelos alunos *nas atividades* (Figura 88). Claramente, os alunos identificaram a matemática como área chave, caracterizando outras áreas importantes como o estudo do meio, as ciências e, obviamente, as tecnologias, sendo outras áreas consideradas mais secundárias, sendo capazes de excluir outras áreas menos relevantes.

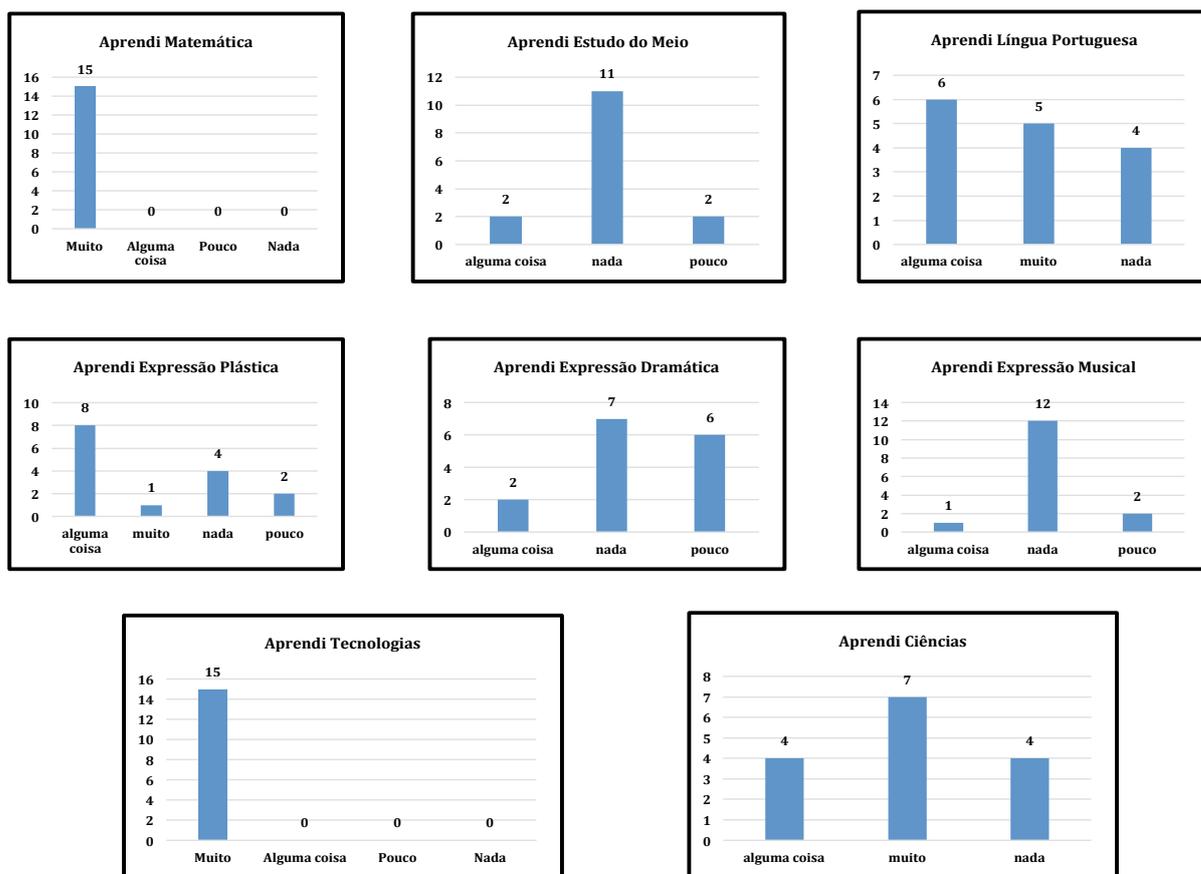


Figura 88 - Respostas dos alunos em relação às áreas com aprendizagem relevante nas atividades

O terceiro conjunto de respostas relacionou-se com o *tipo de tarefas e competências matemáticas* que os alunos perceberam estarem a ser desenvolvidas pelas atividades desenvolvidas. Os resultados (**Figura 89**) destacam a diversidade de competências matemáticas envolvidas nas atividades, mostrando que os alunos reconhecem diversos tipos de tarefas matemáticas inerentes ao trabalho com os robôs.

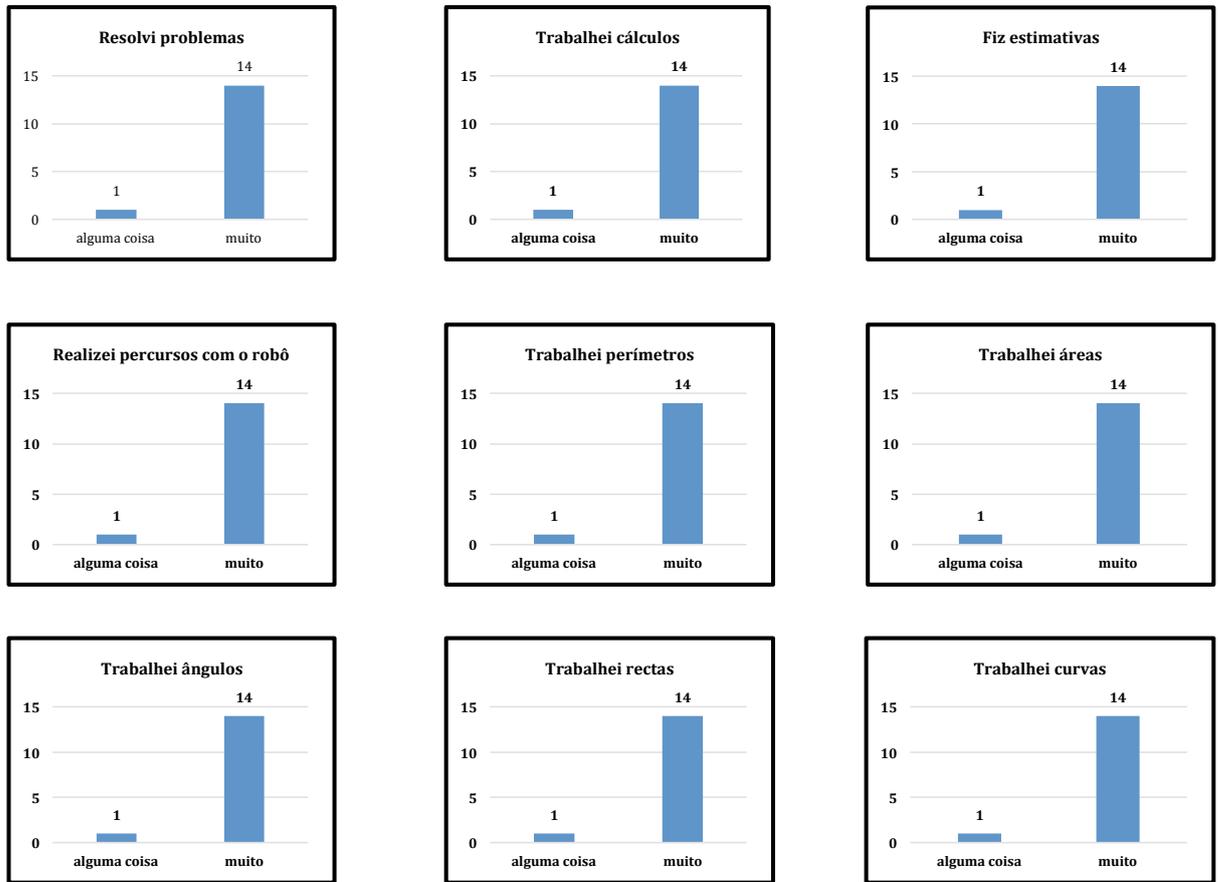


Figura 89 - Respostas dos alunos em relação às tarefas matemáticas trabalhadas nas atividades

### 6.2.5 Análise do desempenho dos alunos nos exercícios de programação

A análise do *desempenho dos alunos nas tarefas de programação* foi realizada em duas vertentes distintas: a primeira consiste numa *avaliação contínua*, constando da análise do trabalho dos alunos em diversos exercícios nas sessões de programação, enquanto a segunda consistiu de uma *avaliação através de um teste* em que os alunos foram convidados a realizar um *conjunto de exercícios de programação* com um determinado tempo limite.

Em relação aos exercícios realizados durante as sessões, foram seleccionados um conjunto de 20 exercícios de programação realizados ao longo das sessões 5 e 6, cujos enunciados se apresentam no **Anexo T4**. O desempenho dos alunos nestes exercícios foi avaliado pela observação direta e em vídeo das sessões, bem como pela análise dos ficheiros de programação. Na **Figura 90** são apresentados os resultados desta análise, sendo visível duas tendências importantes: (i) os alunos foram capazes de resolver todos os exercícios; (ii) a maior parte dos exercícios apenas é resolvido pela maioria dos alunos após uma ou duas tentativas falhadas.

Exercício	Sim, à 1ª vez	Sim, à 2ª vez	Sim, à 3ª vez	Não	Gráfico
1	14	1			
2	3	12			
3	2	13			
4	3	12			
5	5	10			
6	3	12			
7	15				
8	5	10			
9	5	10			
10	5	10			
11	1	14			
12	2	3	10		
13	3	2	10		
14	3	12			
15	11	2	2		
16	1	14			
17	2	1	12		
18	5	10			
19		4	11		
20	2	2	11		

Figura 90 - Resultados dos alunos nos exercícios seleccionados das sessões 5 e 6

O gráfico da tabela anterior mostra-nos que, entre exercício 1 e exercício 11, a maioria dos alunos só acertou à segunda tentativa. Nos exercícios seguintes os acertos só ocorreram à terceira tentativa.

Por sua vez, os resultados do teste de programação (cujos enunciados são apresentados no **Anexo T1**) são dados pela **Figura 91**, organizados por aluno. As percentagens de acerto organizadas por exercício são dadas no **Anexo R2**.

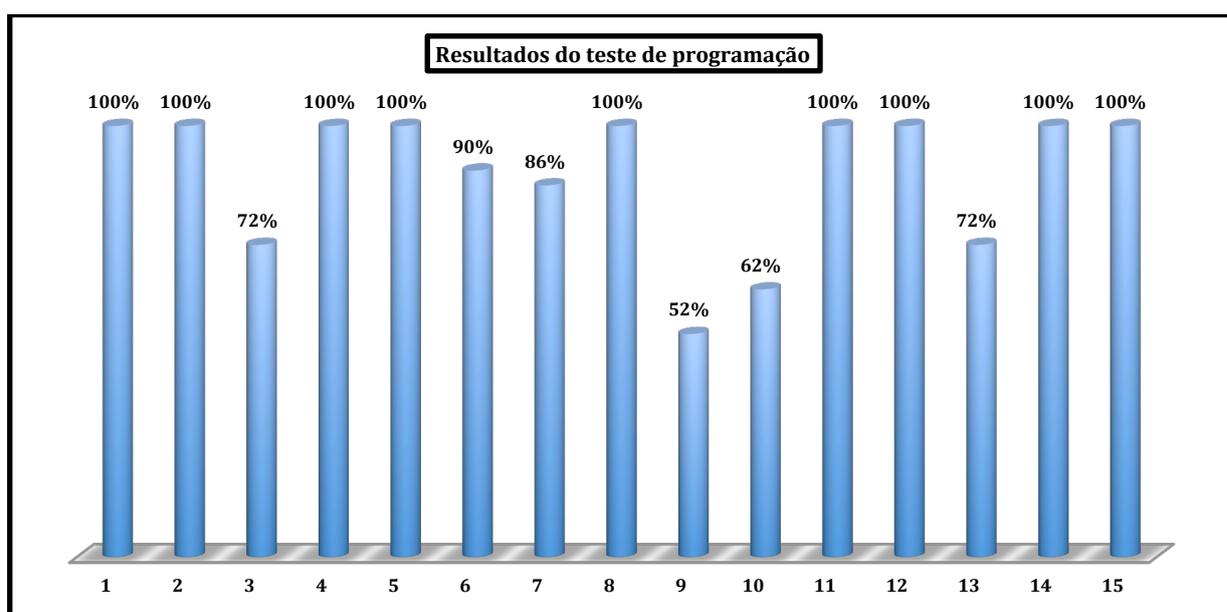


Figura 91 - Resultados dos alunos nas diversas questões do teste de programação

Os resultados globais obtidos pelos alunos demonstram que globalmente o seu desempenho foi de boa qualidade. A título ilustrativo note-se que nove dos quinze alunos (i.e. 60% do grupo) foram capazes de acertar em todos os exercícios e que a totalidade dos alunos foi capaz de resolver mais de metade dos exercícios.

### **6.2.6 Análise do desempenho dos alunos relativos a competências matemáticas: pré-testes e pós-testes**

Como forma de avaliar os conhecimentos e competências dos alunos participantes e do grupo de controlo nas áreas relevantes da matemática, foram desenhados e aplicados dois testes: um pré-teste anterior ao estudo e um pós-teste posterior ao final do mesmo, sendo os enunciados completos dos mesmos dados pelos **Anexos T2 e T3**. Estes dois testes foram aplicados a 30 alunos, 15 dos quais participantes no estudo e 15 que funcionaram como grupo de controlo. Ambos os testes foram avaliados numa escala de 0 a 100%.

Os resultados no pré-teste são mostrados na **Figura 92**, onde se conclui que os alunos participantes no estudo têm resultados médios abaixo dos do grupo de controlo. Esta diferença não é estatisticamente significativa através da realização do teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon a um nível de confiança de 99% (valor de  $p = 0,02$ , não é possível rejeitar a hipótese nula que as médias sejam idênticas com 99% de certeza), ainda que o seja se considerarmos o nível de confiança de 95%.

Alunos da Robótica		Alunos não participantes	
1	0%	1	80%
2	0%	2	100%
3	100%	3	60%
4	100%	4	80%
5	0%	5	100%
6	50%	6	80%
7	40%	7	100%
8	60%	8	100%
9	80%	9	100%
10	80%	10	40%
11	100%	11	60%
12	60%	12	100%
13	60%	13	100%
14	20%	14	70%
15	60%	15	60%
Média	54%	Média	82%

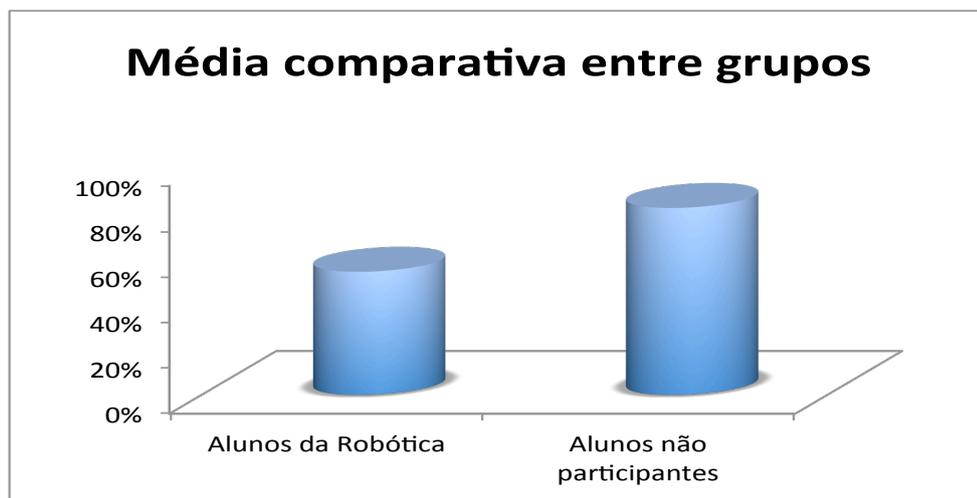
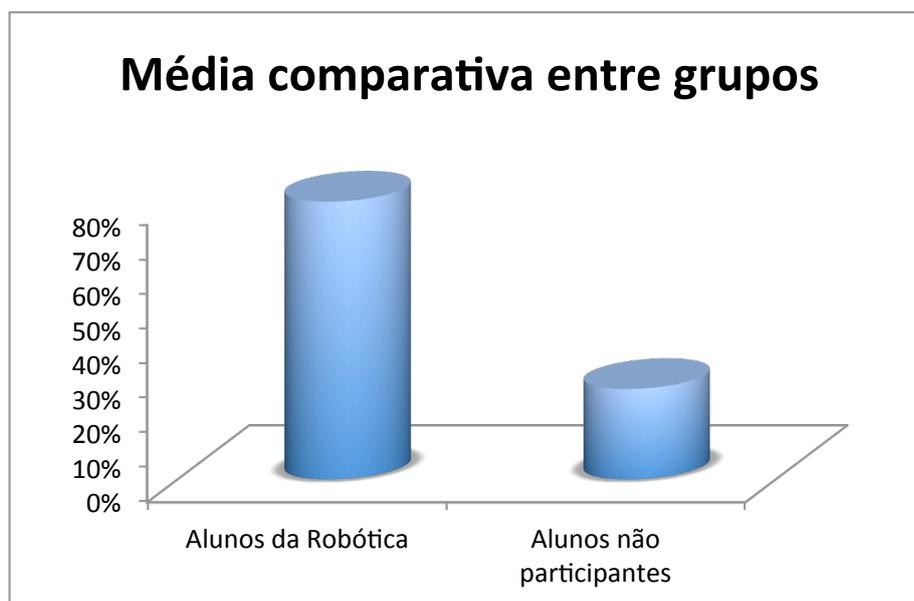


Figura 92- Resultados dos alunos no pré-teste de matemática

Por outro lado, os resultados no pós-teste são mostrados na **Figura 93**, onde os resultados são bastante distintos, sendo a média do grupo que realizou o estudo bastante superior à do grupo de controlo. A realização do teste de Mann-Whitney-Wilcoxon conduz a um valor de p de  $1,4 \times 10^{-5}$ , ou seja, a diferença é estatisticamente significativa com robustez estatística elevada.

Alunos da Robótica		Alunos não participantes	
1	90%	1	0%
2	90%	2	30%
3	90%	3	0%
4	90%	4	30%
5	90%	5	30%
6	90%	6	30%
7	80%	7	30%
8	90%	8	30%
9	90%	9	30%
10	40%	10	30%
11	100%	11	30%
12	20%	12	30%
13	100%	13	30%
14	100%	14	30%
15	40%	15	30%
<b>Média</b>	<b>80%</b>	<b>Média</b>	<b>26%</b>



*Figura 93 - Resultados dos alunos no pós-teste*

Estes resultados são mais uma evidência dos efeitos pedagógicos positivos desta intervenção, neste caso apontando para um efeito muito positivo nas competências matemáticas dos alunos, no contexto da resolução de problemas recorrendo às operações aritméticas de multiplicação e divisão. Não se pretendem

extrapolar estes resultados pelo seu valor facial criando a ideia de que a robótica possa trazer a solução definitiva para a aquisição destas competências, até porque estes resultados estarão sempre dependentes da escolha das amostras (que têm neste estudo um tamanho reduzido) e das questões particulares colocadas nos testes.

Ainda assim, os resultados criam a expectativa de que este pode ser um importante instrumento na pedagogia do 1º ciclo, em particular na área da matemática. Tal terá que ser obviamente validado em posteriores estudos, desejavelmente com amostras com maior número de alunos.

### 6.3 Síntese

De seguida apresentamos a **Tabela 22** que mostra os instrumentos que foram utilizados para dar resposta às questões de investigação.

Questões De Investigação	Instrumentos									Questionários								Testes				Registo Vídeo	
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	T0	T1	T2	T3		T4
<b>Q1</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x
<b>Q2</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x				x
<b>Q3</b>	x	x	x	x	x	x	x											x		x	x		x
<b>Q4</b>	x	x	x															x					

ANEXOS	
I1	Autoavaliação da sessão
I2	Diário do aluno
I3	Guião de apoio à observação e reflexão das sessões
I4	Guião de observação das sessões
I5	Observação dos comportamentos dos alunos
I6	Grelha de observação dos alunos
I7	Grelha de avaliação de competências
I8	Grelha de avaliação do software
I9	Critérios de avaliação da construção do robó
Q1	Questionário preliminar
Q2	Questionários de avaliação do software
Q3	Questionário 3
Q4	Questionário 4
Q5	Questionário 5
Q6	Questionário 6
Q7	Questionário 7
Q8	Questionário 8
T0	Ficha diagnóstica de matemática
T1	Teste de programação
T2	Pré-teste de matemática
T3	Pós-teste de matemática
T4	Ficha de programação

**Tabela 22 - Síntese**



## **7. Conclusões**

### **Sumário**

*Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho desenvolvido. Na secção inicial, é realizada uma síntese do trabalho levado a cabo e elencadas as suas principais contribuições para a comunidade. Em seguida, recapitula-se a análise dos resultados, no contexto das questões de investigação colocadas. Por fim, destacam-se algumas propostas de trabalho futuro.*

## **7.1 Síntese do trabalho realizado e suas principais contribuições**

O uso das tecnologias da informação e comunicação por parte das crianças é cada vez mais uma constante nas suas vidas. Neste contexto, cabe à escola (re)direcionar os seus objetivos de modo a tirar partido das ferramentas, que aparecem a ritmo vertiginoso na sociedade, enquanto instrumentos pedagógicos.

A Robótica Educativa é considerada uma das tecnologias que mais impacto cria nos alunos por se apresentar como uma plataforma inovadora, que apela à criatividade e imaginação dos alunos, bem como promotora do desenvolvimento da capacidade de comunicar e resolver problemas de várias ordens e naturezas. A Robótica Educativa é uma área interdisciplinar na medida em que envolve uma diversidade de conhecimentos e de saberes oriundos de diferentes áreas curriculares.

Este projeto de investigação pretendeu estudar concepções, atitudes, entusiasmo, dificuldades dos alunos no que diz respeito à Robótica Educativa e, mais ainda, estudar as estratégias de resolução de problemas com a utilização deste recurso tecnológico de grande potencial educativo. Não se pretende aqui demonstrar que a Robótica Educativa constitui algum tipo de panaceia para os problemas da Educação, a nenhum nível, mas é inegável que se trata de uma atividade que motiva os alunos e foi já demonstrado que tem fundamentos pedagógicos sérios e que contribui para o adquirir de competências em áreas curriculares chave.

As contribuições deste trabalho são diversas e podem apontar-se quer a um nível mais global, quer em questões mais específicas. Assim, globalmente, pensamos que esta tese e o trabalho de campo realizado contribuíram para a afirmação da área da Robótica Educativa, dado o desenvolvimento de uma plataforma que poderá ser usada por professores para a eficaz utilização desta tecnologia nas suas salas de aula.

De facto, a contribuição deste trabalho estende-se quer no desenvolvimento de um protótipo que pode guiar o desenvolvimento destas atividades, quer através do

desenvolvimento de materiais disponibilizados à comunidade, quer ainda na validação dos mesmos.

Foi desenvolvida, neste trabalho, uma proposta estruturada de um plano de aplicação e validação de Robótica Educativa que pode facilmente ser adaptado a diferentes níveis etários e áreas curriculares. Este plano propõe duas fases de aplicação da Robótica Educativa com objetivos distintos: aprendizagem dos conceitos básicos da robótica e a sua aplicação em áreas curriculares específicas.

Neste trabalho específico, propusemos a aplicação desta proposta pedagógica ao caso particular da matemática para o 1º ciclo. O projeto envolveu a problemática da resolução de problemas com a utilização de robôs e um dos objetivos foi mostrar que a Robótica Educativa ajuda os alunos a desenvolverem competências nesta área. Os projetos desta natureza, que envolvem os alunos no processo de resolução, apresentam um grande potencial no que diz respeito à sua recetividade, porque é através do *aprender fazendo* (Papert, 1993) que a ação tem um papel fundamental no terreno, ligando, deste modo, a teoria à prática.

Este plano foi validado através de um estudo com alunos do 4º ano de escolaridade, tendo sido desenvolvidos todos os materiais necessários para as duas fases. Este projeto desenvolveu-se com 15 alunos de duas turmas de 4º ano, envolvendo os alunos durante quase um ano letivo. Para a sua operacionalização, foi estabelecido um percurso que envolveu duas fases recapituladas de seguida.

**Fase 1** – direcionada para a aprendizagem dos conceitos básicos da Robótica Educativa no que diz respeito à construção e programação do robô.

**Fase 2** – orientada para temáticas curriculares diversas, nomeadamente a matemática (resolução de problemas).

O percurso do nosso trabalho partiu de uma fase exploratória em que os alunos podiam explorar as peças de construção e construir o seu próprio robô. Esta fase, inicialmente, foi essencialmente imitativa, uma vez que os alunos seguiam o manual que acompanha o kit para construírem o seu robô. Posteriormente, à medida que as necessidades iam sendo outras, os alunos

puderam recriar os seus próprios modelos ou protótipos robóticos para se adaptarem a cada circunstância.

Em seguida, os alunos puderam explorar o software de programação dos robôs, diretamente nestes e usando software mais elaborado executado em computadores pessoais. Os alunos aprenderam as bases de programação, realizando inúmeros exercícios de programação dos robôs. Numa etapa mais avançada, os alunos aprenderam a usar os sensores dos robôs, perceberam o tipo de dados que estes recolhiam e de que forma poderiam usar os sensores nos seus programas para realizar tarefas úteis.

A segunda fase foi dedicada à exploração da Robótica Educativa enquanto instrumento de aquisição, pelos alunos, de competências em áreas curriculares. No âmbito deste trabalho, foi dado especial ênfase à área da matemática, focando-se na resolução de problemas cuja formulação e resolução envolvessem as operações aritméticas. Sendo a investigação apontada a alunos do 4º ano, o foco incidiu sobre as operações de multiplicação e divisão. Os alunos completaram um conjunto de tarefas orientadas para estas competências, em que se lhes colocavam problemas concretos, resolúveis por pequenos programas a executar pelos seus robôs que, na sua génese, requeriam a utilização de conceitos matemáticos diversos, incluindo operações de multiplicação e divisão e noções de proporcionalidade direta e inversa.

Para o trabalho, utilizamos o robô Lego Mindstorms e respetivos kits educativos, incluindo o software Lego Mindstorms. Esta foi a plataforma escolhida para a realização desta investigação pelo facto de constituir uma ferramenta versátil e polivalente que permite implementar e testar diferentes configurações dado o seu número considerável de peças e sensores, bem como pelo facto de ser uma ferramenta simples e de custo razoável, acessível à faixa etária em causa em termos de equipamento e de software. Com este projeto, podemos afirmar que construímos um ambiente que incorporou de forma efetiva a tecnologia *Lego Mindstorms*, através de sessões que foram levadas a cabo para realizar atividades em que os alunos puderam manipular, construir, planear, desenhar e programar o seu protótipo robótico.

Será de notar, como importante contribuição deste trabalho, a disponibilização de um portefólio de materiais para aplicação da Robótica Educativa que poderão permitir a qualquer colega docente, com maior facilidade, poder aplicar as diversas sessões de trabalho aos seus alunos. De facto, o material desenvolvido é extenso e bem documentado e foi tornado disponível no âmbito deste trabalho num portal público de Robótica Educativa.

No que diz respeito ao trabalho de campo, a investigação realizada insere-se no paradigma interpretativo (Bodgan e Biklen, 1982; Goetz e LeCompte, 1984), tendo sido desenhado e aplicado um conjunto vasto de instrumentos de validação que foram aplicados ao grupo em questão. Estes consistem em grelhas de observação, grelhas de autoavaliação, diários dos alunos, questionários, pré e pós-testes. Na sua maioria, estes instrumentos têm um carácter qualitativo, dada a natureza do estudo, embora sempre que possível se procurassem dados quantitativos e se usasse um grupo de controlo, ainda que reconhecendo as limitações naturais destes, nomeadamente, no que diz respeito ao tamanho da amostra. De notar que, tal como o material pedagógico, também os instrumentos de validação são tornados públicos permitindo o seu uso, com ou sem alterações, por qualquer colega que queira validar e avaliar atividades de Robótica Educativa em diversos contextos.

Os resultados obtidos neste estudo foram já descritos anteriormente em detalhe (capítulo 6) e serão sumariados na secção seguinte, em contraponto com as questões de investigação inicialmente enunciadas para esta tese.

## **7.2 Análise dos resultados obtidos e sua relação com as questões de investigação**

Este projeto assenta numa questão nuclear que motivou todo o trabalho, identificada como a questão “geradora” e que deu origem a questões mais direcionadas: “Será a Robótica um instrumento apropriado para que crianças,

alunos do 1º ciclo do ensino básico, possam aprender, adquirindo competências que contribuam para a sua formação de base?”

É inevitável apresentar agora em síntese uma análise dos resultados deste trabalho, discutindo-os no contexto da procura de respostas para esta questão e suas derivações.

Da questão geradora inicial foram segmentadas as questões, que se recuperam de seguida, que nortearam o projeto e às quais se pretendeu dar resposta.

**Q1** – De que modo as atividades de Robótica Educativa **motivam os alunos do 1º ciclo do Ensino Básico** para a aprendizagem?

Uma das principais vantagens apontadas à Robótica Educativa é o seu poder para motivar/entusiasmar e envolver os alunos nas atividades que usam esta ferramenta como meio de aprendizagem, estimulando a sua curiosidade natural e ainda a necessidade de participar em atividades lúdicas (Gura, 2007).

Em relação à questão **Q1**, no nosso trabalho, o grau de motivação e de entusiasmo dos alunos foi avaliado em primeira instância através da observação direta e da observação do registo vídeo das sessões. A motivação foi avaliada pelo interesse, empenho, a maneira como os alunos estavam na sala, a pontualidade e assiduidade; se quiseram ou não ir embora depois da tarefa terminar; se cumpriram a tarefa; se solicitaram ajuda; se mostraram capacidade de decisão e opinião; se discutiram os processos de resolução de tarefas e se mostraram capacidade de gerir conflitos. Também os relatórios de reflexão escritos pelos próprios alunos ao longo da intervenção e os diversos questionários colocados aos alunos no final da intervenção tiveram um peso significativo para dar resposta a esta questão. A análise conjugada destes diferentes elementos, cujos dados numéricos foram apresentados no âmbito do capítulo anterior, demonstra uma resposta inequivocamente positiva à questão Q1, sendo os dados quantitativos normalmente muito claros nas suas tendências e os dados qualitativos reveladores de graus elevados de motivação por parte dos alunos.

O facto de os alunos conseguirem montar um robô, colocá-lo a funcionar e a movimentar-se mostrou ser um fator muito motivador para que os alunos não renunciassem às tarefas perante os obstáculos, fazendo-os envolver-se numa maior reflexão para conseguir solucionar os problemas com que se defrontavam.

Esta ferramenta mostrou-se suficientemente forte para motivar os alunos a querer aprender mais e a resolver os desafios que lhes apareciam. O ensino-aprendizagem através de meios lúdicos que permitam explorar e manusear ativamente objetos, e/ou outras ferramentas pedagógicas, podem criar ambientes atrativos e motivadores estimulando o gosto pelas áreas das ciências e despertando o interesse dos alunos.

No nosso estudo, a rapidez e a autonomia com que os alunos construíram e programaram os robôs constituíram indicador de interesse e motivação. A liberdade para construir e reconstruir as suas ideias motivou-os para novas explorações.

Os alunos quando estão motivados mostram mais interesse nas atividades propostas, atendem com mais atenção às instruções e orientações do professor, tomam notas e são mais ativos. Mostram-se mais seguros de si mesmos e realizam melhor as tarefas. Ao contrário, quando não estão motivados prestam pouca atenção e participam pouco nas tarefas (Pintrich, 2006). No nosso estudo, pudemos ver os alunos motivados pois manifestavam interesse em atingir os seus objetivos mostrando-se orgulhosos pelo seu trabalho e mantiveram altos níveis de motivação durante o projeto.

Os alunos, ao trabalharem com robôs, demonstraram mais interesse em trabalhar, ficando aborrecidos quando as coisas não funcionavam à primeira ordem, levando-os a tentar vezes sem conta até conseguirem encontrar a solução do problema. Depois de conseguirem solucionar o problema, mostravam-se satisfeitos e realizados. Ao utilizar os robôs na educação, os alunos revelam motivação intrínseca na realização das atividades. No nosso projeto, à semelhança do reportado noutras investigações, pudemos verificar que os alunos participaram com entusiasmo no processo de robótica atingindo os objetivos de aprendizagem propostos e desenvolvendo novas competências (Detsikas & Alimisis, 2001).

Durante o desenvolvimento de todo o projeto, pudemos confirmar que a Robótica Educativa se transformou numa ferramenta ímpar de aprendizagem que pode oferecer atividades manuais e divertidas em torno de uma aprendizagem atrativa, incrementando nos alunos o interesse e a curiosidade tal como o reportado por Eguchi (2010).

Tal como em projetos desenvolvidos anteriormente, pudemos observar neste projeto que os alunos menos interessados pela escola tinham um bom desempenho. Os alunos assinalados pelos professores como alunos com mais dificuldades revelaram-se os mais interessados e os que terminavam mais rapidamente cada passo da tarefa de construção. Tal aconteceu também na investigação levada a cabo por Rubén Mitnik, Nussbaum & Soto (2009) que utilizaram dois grupos de alunos – um experimental e outro de controlo - para demonstrarem que os alunos que usaram robôs nas suas atividades relacionadas com a matemática e a física expressaram o seu desejo de trabalhar com este tipo de atividades e tarefas enquanto o grupo que não usou robôs se mostrou entediado depois das atividades.

A Robótica Educativa fomenta a motivação nos alunos porque é uma maneira de integrar o jogo e a aprendizagem. Os alunos, nestas experiências, dedicam-se às atividades, disfrutam e preocupam-se com elas (motivação intrínseca). A Robótica Educativa permite que a aprendizagem se torne concreta, associada aos processos de criação: a observação, a interação com a tecnologia e os problemas abertos que permitem muitas soluções e diversos enfoques. A partilha da motivação intrínseca por parte dos alunos permite-lhes construir o melhor robô, discutindo com todos os elementos do grupo (Han & Gao, 2009).

A Robótica interessa aos alunos pois estes percebem a sua importância no mundo onde vivem. A Robótica Educativa estimula a sua curiosidade natural e a necessidade saudável de participar em diversas atividades (Rogers e Portsmore, 2004).

Os projetos de Robótica têm um princípio, um meio e um fim determinados. Geram um produto final que é motivo de orgulho nos jovens. Podem apontar para o seu robô e dizer que foi algo no qual eles participaram diretamente. À

semelhança do verificado por Nagchaudhuri et al (2002) também os nossos alunos refletiram orgulho por serem os únicos num universo educativo a poderem interagir com um robô.

Em alguns estudos, este entusiasmo levou a que os investigadores notassem alunos que queriam trabalhar durante os intervalos, bem como alunos normalmente desatentos que revelavam uma inusitada aplicação nas novas tarefas (Portsmore et al, 2001). No nosso trabalho, também verificámos que os alunos queriam ficar a trabalhar com os robôs durante os intervalos para poderem ter o maior tempo possível de contacto com esta ferramenta e mais tarde pediram que fosse criada mais uma hora extra depois do horário letivo.

A Robótica tem vindo a ser encarada como uma forma de motivar os alunos para áreas mais “difíceis”, como a ciência, onde é reconhecida a necessidade de atrair alunos (Rogers e Portsmore, 2004). Tal como Malone (1981) também nós consideramos que a Robótica oferece um potencial motivacional possante, despertando o interesse dos alunos por díspares atividades que podem trazer vantagens pedagógicas significativas no contexto de uma visão construtivista da aprendizagem.

Um fenómeno comum nos projetos tecnológicos é a frustração devida ao facto de a tecnologia não fazer exatamente aquilo que se pretende. Nas atividades do nosso trabalho que abordaram medidas com tempo, os resultados nem sempre eram os que os alunos consideravam corretos, levando-os a ficar frustrados com a tarefa, pois o robô parecia não estar a obedecer-lhes. Mas, perante esta frustração, os alunos teimavam em refazer todo o processo e medir vezes sem conta até encontrarem os resultados pretendidos. Mesmo sendo um momento de frustração, não devemos privar as crianças da autenticidade da experiência de aprendizagem e dos prazeres de aprender pela descoberta. Nós, professores, deveremos ajudar os alunos a lidarem com essa frustração providenciando-lhes exemplos construcionistas com autenticidade, promovendo o prazer de aprender pela descoberta.

**Q2** – De que forma a utilização de kits de Robótica Educativa, que permitem a **construção e programação dos robôs**, é adequada ao nível etário do **1º ciclo** do Ensino Básico?

No que diz respeito à questão **Q2**, foi avaliada a capacidade de os alunos resolverem os problemas propostos nas sessões de iniciação à Robótica Educativa das seguintes formas:

- Teste realizado no final da Fase 1, para avaliar o desempenho dos alunos em tarefas básicas de construção e programação de robôs, podendo caracterizar-se quais as tarefas que os alunos conseguiram ou não realizar com sucesso;
- Análise dos ficheiros de programação produzidos pelos alunos ao longo de todas as sessões;
- Observação e registo vídeo de todas as sessões realizadas e sua análise pela investigadora;
- Grelhas de autoavaliação preenchidas pelos alunos;
- Grelhas de avaliação do aluno durante as sessões preenchidas pela investigadora.

Neste estudo, foi possível sensibilizar 15 alunos do 4º ano do ensino básico a participar neste projeto que envolvia construção e programação de robôs. É inegável, ainda, inegável que foi possível construir todo este projeto com alunos do 1º ciclo que conseguiram construir um robô robusto capaz de desempenhar várias tarefas e programaram tarefas no próprio robô e no software que acompanha o kit. Os resultados obtidos usando os instrumentos anteriores, dados em detalhe no capítulo anterior, são bastante claros na demonstração de uma resposta positiva a esta questão, uma vez que a avaliação global dos alunos em todos os parâmetros qualitativos e quantitativos foi inequivocamente positiva, quer em termos da avaliação da docente/investigadora, quer no que diz respeito à autoavaliação.

Os alunos encararam a programação como um problema, ou seja, uma situação não rotineira que tentaram compreender. A busca por soluções conduziu

os alunos a eleger hipóteses explicativas que os guiaram à compreensão dos problemas. As atividades de testar hipóteses explicativas originaram o raciocínio indutivo, onde os alunos acabaram por formular leis gerais válidas.

Durante a programação, os alunos basearam-se numa lógica de descoberta. Programaram segundo uma lógica pela qual se gerou uma nova hipótese e noutras vezes programaram numa lógica que consistiu em valorizar, selecionar ou dar preferência a uma determinada hipótese em relação a outras igualmente válidas.

Foi para nós bastante claro que neste processo emergiam os princípios identificados pelo construcionismo. De facto, a atividade tinha um carácter eminentemente prático, onde os alunos desenvolveram um projeto e foram aprendendo através da construção e da programação dos robôs. As competências dos alunos na construção e programação dos robôs foram assim melhorando de forma clara, através de um processo de aprendizagem baseado na resolução de problemas reais em contextos relevantes, em que o papel da professora era apenas o de mediadora e proporcionadora de experiências de aprendizagem.

De facto, os computadores e a tecnologia em geral podem complementar as práticas que já estão estabelecidas e estender estas experiências ao “aprender construindo” (Kolodner et al, 1998). Os alunos, ao estarem envolvidos nas tarefas e nos projetos, estão a desenvolver a aprendizagem através da construção. Trabalhar com robótica é defender a máxima de *aprender construindo* (Papert, 1993). Os alunos desde a fase de planeamento, construção e programação estão a construir o seu processo de aprendizagem. Os alunos são os autores da sua aprendizagem e todas as etapas ficarão marcadas no seu processo cognitivo.

Os materiais manipulativos digitais tais como os blocos programáveis expandem o universo de conceitos que as crianças podem explorar (Resnick et al, 1998). A Robótica Educativa proporciona uma ótima oportunidade para mostrar às crianças um pouco do mundo da tecnologia e dos conceitos subjacentes. De facto, as crianças podem desenhar e criar objetos interativos, que trabalham conceitos do mundo da engenharia (como sejam rodas, eixos, motores, roldanas, sensores ou alavancas), como ainda são encorajados a integrar materiais artísticos e objetos do dia a dia para tornar os seus projetos esteticamente mais agradáveis (e.g. nos

concursos de dança). Os materiais manipulativos dos kits de Robótica permitem às crianças usar as suas mãos para desenvolver a sua motricidade fina e coordenação motor-ocular (mão-olho), mas também para se envolverem em atividades colaborativas. Estes materiais fornecem uma forma concreta e tangível de abordar ideias abstratas.

O processo de programação processa-se com base numa linguagem simbólica e visual, que o aluno terá que ser capaz de mapear no comportamento físico do robô. Isto implica a capacidade de prever o comportamento do robô a partir dos símbolos abstratos incluídos na programação (e.g. diagrama do *Lego Mindstorms*) (Ribeiro, 2006).

Pudemos observar que os alunos, na maioria das vezes, conseguiam descrever previamente, perante a programação, o comportamento que o robô iria ter aquando da execução do mesmo. Quando a programação estava de acordo com o pretendido e o robô executava a tarefa na perfeição, os alunos ficavam felizes e com vontade de avançar. Alguns grupos acertavam à primeira vez, enquanto outros precisavam de mais tempo para conseguirem obter sucesso na tarefa. Através de tentativa e erro, os alunos conseguiram chegar aos resultados e comportamentos pretendidos. À medida que se avançava na exploração, foi possível verificar que os grupos apresentavam uma boa execução das tarefas de programação.

Uma forma de obter dados para dar resposta a esta questão de investigação foi a utilização de um questionário cujo objetivo passava pela recolha das principais opiniões dos alunos em relação ao software usado para a programação dos robôs. Globalmente, os resultados mostram que os alunos se sentiram confortáveis com o software, achando-o atraente e não sentindo um grau elevado de dificuldade na sua utilização, referindo inclusivamente que consideram o software adequado para a sua idade.

A análise do desempenho dos alunos nas tarefas de programação foi realizada em duas vertentes distintas: a primeira consistiu numa avaliação contínua, constando da análise do trabalho dos alunos em diversos exercícios nas sessões de programação, enquanto a segunda consistiu numa avaliação através de

um teste em que os alunos foram convidados a realizar um conjunto de exercícios de programação com um determinado tempo limite.

De acordo com os dados expressos no capítulo 6 podemos concluir que os alunos foram capazes de resolver os exercícios e que a maior parte das tarefas foram resolvidas pela maioria dos alunos após uma ou duas tentativas falhadas. Os resultados globais obtidos pelos alunos demonstram que, globalmente, o seu desempenho foi de boa qualidade. Nove dos quinze alunos (i.e. 60% do grupo) foram capazes de acertar em todos os exercícios e a totalidade dos alunos foi capaz de resolver mais de metade dos exercícios.

Em conclusão podemos afirmar, perante toda a experiência que tivemos nesta investigação, com os resultados combinados dos diversos instrumentos referidos, bem como noutros projetos anteriores (Ribeiro, 2006, 2007, 2009, 2011) que os alunos do 1º ciclo conseguem trabalhar com esta ferramenta tecnológica e que as atividades de construção e programação são próprias para esta faixa etária, pelo que a resposta à questão Q2 terá que ser necessariamente positiva.

**Q3 – Que conteúdos dos programas do 1º ciclo do Ensino Básico podem ser abordados recorrendo à implementação de atividades de Robótica Educativa?**

Depois de analisar e refletir sobre o trabalho realizado apraz-nos dizer que a Robótica Educativa promove a articulação vertical e horizontal das matérias curriculares de várias disciplinas. De acordo com as metas curriculares para este nível de ensino, todas as áreas curriculares deverão atuar em convergência. Os projetos robóticos colocam as diversas áreas a atuar de forma convergente. No 1º ciclo do Ensino Básico, podem trabalhar-se projetos multidisciplinares em que se poderá utilizar a robótica para desenvolver atividades que contemplem as diversas áreas disciplinares e desenvolvam distintas competências (Colorado, 2002). Ao

nível de conteúdos e competências a robótica poderá ser utilizada neste nível de ensino, como já demonstramos anteriormente, nas áreas de matemática, estudo do meio e nas diversas expressões (plástica, musical e dramática) (Ribeiro, 2006).

De acordo com Odorico (2005), a robótica tem sido aplicada como uma ferramenta para a aprendizagem dos mais distintos conteúdos bem como para a aquisição de competências. Dentro deste conjunto, salientam-se as áreas da informática, da física e da matemática como as áreas mais relacionadas com a Robótica e que emergiram também como áreas nucleares durante este trabalho, e por isso serão exploradas um pouco mais em detalhe.

De facto, no nosso projeto, os alunos trabalharam conteúdos e desenvolveram competências destas áreas do conhecimento, com ênfase, como já referido, na matemática, mas tocando de forma relativamente direta as áreas da informática, ou mais globalmente da tecnologia, e da física ou reportando-nos ao 1º ciclo, do *estudo do meio*.

Quanto à informática, esta área foi abordada de forma direta nas atividades de programação do robô. Inicialmente, os alunos programaram diretamente no robô para compreenderem os menus deste dispositivo. Depois passaram para o software que acompanha o kit. As tarefas e atividades que envolvem a robótica constituem uma mina interminável de exercícios de programação e resolução de problemas similares aos encontrados pelos programadores. Como já foi referido na análise da questão anterior, os diversos instrumentos usados mostram a proficiência dos alunos nesta área.

Relativamente à área de *estudo do meio*, onde poderemos encontrar alguns conceitos mais ligados à física, são vários os conteúdos que poderão ser trabalhados com a robótica. Todas as tarefas que os robôs desempenham estão constantemente relacionadas com movimento envolvendo inúmeros conceitos de mecânica (Teixeira, 2006). No caso concreto do nosso projeto, foram abordados diversos conteúdos relacionados por exemplo com as noções de deslocamento e velocidade, que são nucleares para o desenvolvimento futuro de conhecimento científico destes alunos em etapas mais avançadas. Estes conceitos têm um

fundamento matemático claro relacionando-se com conceitos que exploraremos adiante.

Quanto à matemática, a robótica é um admirável instrumento que viabiliza transformar em concretos muitos dos conceitos matemáticos aos mais distintos níveis. Com a robótica poderão ser trabalhados conceitos de geometria, aritmética e álgebra que encontram nesta ferramenta um grande aliado e uma fonte de desafios a ser trabalhados e explorados.

O uso da Robótica Educativa fomenta a resolução de problemas pelo facto de proporcionar novas estratégias de resolução e por permitir a abordagem de problemas de maior complexidade e mais realismo (Matos, 1994; Ponte e Canavarro, 1997).

Neste trabalho de investigação valorizamos de forma bastante acentuada a área da matemática e a resolução de problemas. Conforme já referenciado, a nossa metodologia na 2ª fase do projeto passou pela utilização da Robótica Educativa como ferramenta pedagógica para aprender/ensinar matemática nomeadamente, resolver problemas matemáticos.

Ao longo do nosso trabalho pudemos verificar que há uma grande afinidade da programação dos robôs com as operações de multiplicação e divisão dadas as inúmeras relações de proporcionalidade subjacentes à programação do movimento do robô, relacionadas com tempo e espaço.

A exploração destes conceitos num conjunto de exercícios foi a base do módulo temático desenvolvido, que convida o aluno à descoberta destas relações por experimentação, à previsão do comportamento dos robôs por interpolação e extrapolação e à verificação das previsões que efetua. Os exercícios combinam, assim, a programação do robô com cálculos diversos, culminando num conjunto de jogos que consolidam as relações aprendidas.

Relativamente a esta **questão Q3**, o desempenho dos alunos no módulo curricular desenvolvido foi avaliado recorrendo a pré e pós-testes:

- Pré-teste: realizado individualmente pelos alunos antes das atividades do módulo, incidindo sobre os conteúdos curriculares e as competências

trabalhadas nas sessões. Este teste foi também realizado pelos alunos do grupo de controlo;

- Pós-teste: realizado após as atividades por todos os alunos (incluindo grupo de controlo), sendo os testes de grau de dificuldade equivalente e com conteúdos similares ao pré-teste.

Estes instrumentos de aferição de aquisição de conhecimentos e competências por parte dos alunos foram complementados por um série de outros instrumentos de recolha das percepções dos alunos relativas à sua aprendizagem, bem como pela análise dos ficheiros de programação, à semelhança da questão anterior.

Com a avaliação integrada de todos os resultados dados por estes instrumentos, pudemos constatar que os alunos desenvolveram competências a nível do raciocínio matemático, comunicação matemática e resolução de problemas. Quanto ao desenvolvimento do raciocínio matemático, podemos realçar que trabalhar com robôs permitiu aos alunos, estabelecer conjeturas em diversos casos, após a análise de um conjunto de situações particulares. Em relação à comunicação matemática, a Robótica Educativa permitiu trabalhar a compreensão dos enunciados dos problemas, identificando as questões, discutindo as estratégias que conduziram à sua resolução. Os alunos puderam expor as suas ideias, fizeram comentários às afirmações dos seus colegas e professora e colocaram as suas dúvidas. Os alunos foram incentivados a redigir as suas respostas, explicando adequadamente o seu raciocínio e apresentando as suas conclusões de forma clara.

Quanto à competência de *Resolução de Problemas* os alunos desenvolveram-na através da leitura e interpretação de enunciados, na mobilização de conhecimentos de factos, conceitos e relações, na aplicação adequada de regras e procedimentos, previamente estudados e treinados. Os alunos apresentaram estratégias de resolução mais informais, recorrendo a esquemas e outras interpretações, recorrendo progressivamente a métodos mais sistemáticos e formalizados.

Não deixa de ser curioso que os próprios alunos referiam frequentemente nas atividades que “aprenderam matemática” nas experiências que realizaram. Este facto revela que eles se aperceberam que estavam a usar na prática conceitos matemáticos que haviam sido abordados no seu próprio currículo e aos quais deram uma dimensão nova mais concreta.

Em consonância com as metas curriculares do Ensino Básico para o ensino-aprendizagem da matemática os alunos, através da exploração de um robô, conseguiram desenvolver diversas capacidades, tais como: a resolução de situações problemáticas do dia a dia onde aplicaram operações de aritmética; efetuaram medições com o robô, fizeram e utilizaram estimativas em situações de cálculo ou medição; registaram de forma organizada e leram os registos de situações reais que aplicavam conhecimentos de medidas de comprimento, e tempo; calcularam percentagens simples e a média aritmética de um conjunto de valores.

Da mesma forma, conseguiram definir procedimentos para converter entre si as diversas medidas, efetuando cálculos, usando as operações de multiplicação e divisão e de adição e subtração. Previram o comportamento dos robôs por interpolação e extrapolação usando os procedimentos anteriores e testaram hipóteses a partir da experimentação, quer no processo de construção quer na programação de robôs.

Nestas atividades de Robótica Educativa, os alunos abordaram diversos conceitos matemáticos. Aprenderam a calcular o perímetro de uma circunferência a partir do diâmetro, como uma operação de multiplicação. Aprenderam a converter unidades de medida (rotações em graus, polegadas em centímetros, etc.). Outro conceito bastante trabalhado foi o de “velocidade”, como resultado da divisão entre o espaço percorrido e o tempo gasto. Os alunos aprenderam ainda a encontrar a distância percorrida em função do perímetro da roda e do número de rotações efetuadas pela mesma ou a calcular o perímetro da roda a partir do diâmetro. Assim, os alunos conseguiam extrapolar os dados e em vez do robô conseguiam aplicar os conhecimentos adquiridos com o robô a uma bicicleta ou automóvel.

Em diversas atividades os alunos conseguiram fazer previsões e verificá-las na prática. Em todos os casos, a utilização das operações aritméticas de multiplicação e divisão, aplicadas a cenários reais foi uma constante, bem como o uso de noções de proporcionalidade.

Em termos curriculares mais específicos, dentro da área da matemática no 1º ciclo abordamos os domínios “Números e operações”, “Álgebra”, “Geometria” e “Organização e Tratamento de Dados”, como se detalha:

- **Números e Operações** - Com os robôs, os alunos exploraram situações problemáticas de vários passos em que envolviam os números naturais e as quatro operações; efetuaram cálculos para a programação correta do robô, calculando tempos de deslocamento ou número de rotações. Efetuaram previsões sobre o comportamento de um programa, calculando distâncias percorridas, tempos de deslocamento ou velocidades médias do robô. Para o desenvolvimento do trabalho, os alunos compreenderam o significado das operações e como elas se relacionam entre si. Foram capazes de calcular fluentemente e fazer estimativas razoáveis no âmbito da multiplicação e divisão, da adição e subtração.

- **Álgebra** - Os alunos puderam explorar conteúdos relacionados com a proporcionalidade direta. Foram exploradas noções de grandeza diretamente proporcionais e de constante proporcionalidade direta; a regra de três simples; problemas que envolviam a noção de proporcionalidade direta entre grandezas. Foram concebidas atividades que permitiram perceber a relação entre diversas variáveis envolvidas no movimento do robô tais como rotações, espaço percorrido, tempo de deslocamento. As tarefas de programação do robô envolveram raciocínio abstrato e uso de símbolos algébricos.

- **Geometria** - Em termos da *Localização e Orientação no Espaço* foram trabalhados conceitos de ângulos e sua amplitude e a noção de volta. No conteúdo *Medidas de Comprimento e Tempo*, exploraram-se atividades que incluíam unidades de medida de comprimento do sistema métrico e ainda conversões de grandezas (e.g.

cm/polegadas). Os alunos exploraram o conceito de *grau* como unidade de medida de amplitude; utilizaram o robô para medir amplitudes de ângulos e resolveram situações problemáticas envolvendo a adição, a subtração e conversão de medidas de amplitudes. Ainda puderam explorar diversas situações problemáticas que envolviam o cálculo de perímetros. Os alunos puderam ainda programar um robô para se deslocar de um ponto a outro (caminho segmentos ligados) e, ainda, programaram o robô para desenhar figuras geométricas.

- **Organização e tratamento de dados** - Com o robô, através dos sensores, os alunos puderam recolher dados e explorar a sua organização (e.g. em tabelas) e análise. Neste domínio, os alunos puderam explorar noções de percentagem e resolver situações problemáticas que envolviam o cálculo.

Globalmente, perante as respostas dadas pelos alunos nos questionários e pelos resultados dos pós-testes, confirmámos que eles aprenderam matemática, nas suas diversas vertentes. De realçar o elevado número de respostas na última sessão, muitas delas identificando ligações importantes entre a robótica e a resolução de problemas usando a Matemática.

Com os diários e análise dos ficheiros dos alunos pudemos verificar que conceitos é que os alunos aprenderam durante as atividades desenvolvidas, quais os sucessos, as dificuldades sentidas e tentativas falhadas durante as tarefas e se consideraram a atividade divertida ou aborrecida.

Também através dos questionários conseguimos apurar, perante a questão *O trabalho com os robôs motivou-te mais para a disciplina de matemática?* que trabalhar com esta ferramenta tecnológica foi algo que motivou os alunos para a disciplina da Matemática.

<p><b>Q4</b> – As atividades de Robótica Educativa serão suscetíveis de promover a aquisição de <b>competências</b> do 1º ciclo do Ensino Básico e, em caso afirmativo, quais?</p>
--

Na análise à questão Q3 foram já abordadas diversas competências específicas em diversas áreas curriculares, com destaque para a matemática. De forma a evitar redundância, irão apenas abordar-se nesta secção as competências de índole mais transversal. Dadas as características deste tipo de competências, as conclusões abaixo explanadas são resultado da análise dos vários instrumentos aplicados durante o projeto e, em larga medida, da experiência pessoal da investigadora neste e em outros projetos anteriores.

*A autonomia na aprendizagem, a reflexão sobre os conhecimentos presentes e necessidades de aprendizagem futuras, a capacidade de resolução de problemas, a capacidade de trabalhar em grupo e a capacidade de decisão com uma base democrática, permitem preparar os alunos para viver em sociedade e enfrentar os problemas.*

Durante o desenvolvimento das atividades de Robótica Educativa na resolução de problemas, as tarefas exigiram que os alunos analisassem e compreendessem os problemas, discutissem durante a sua realização e experimentassem, verificassem os resultados. Perante os desafios e problemas com que os alunos se defrontavam era tarefa primária compreender o problema, fazer sugestões, experimentar as soluções e reformular as vezes necessárias até conseguirem um resultado satisfatório. Em muitos desafios, os alunos conseguiram formular hipóteses, justificá-las e prever os resultados parecendo evidenciar uma boa compreensão da situação problemática. Quando os resultados não eram os que previram ficavam preocupados e iam as vezes necessárias alterar o programa e verificar a resolução da tarefa até encontrarem uma solução plausível e que eles consideravam correta. Muitas das soluções encontradas aconteceram por tentativa e erro e essa foi uma característica determinante no trabalho dos alunos, dado que se mostraram dispostos a procurar e analisar a origem desses erros (Abrantes, Serrazina e Oliveira, 1999). Todos os alunos tinham a liberdade de cometer erros, nunca se sentindo penalizados. O erro é considerado fundamental no processo de aprendizagem que pode ser usado para melhorar a nossa

compreensão perante os problemas. Os alunos aprenderam ao corrigir os seus próprios erros, explorando vários caminhos até encontrar a solução.

A componente de autorreflexão tornou-se bastante visível ao longo do projeto, pois eram frequentes as trocas de opinião entre os alunos sobre as estratégias para resolver problemas e a forma como cada um o estava a fazer. Estas conversas conduziam amiúde a alterações nos robôs e nos programas, quando o aluno percebia que tinha alguma incorreção ou que havia outras formas melhores de resolver o problema. As sessões de robótica decorreram através de um plano detalhado das nossas ações sendo alcançados os objetivos de forma paulatina mediante a interação ocorrida nas sessões.

O trabalho colaborativo foi central no desenvolvimento das atividades. As atividades foram desenvolvidas em pares e o papel da investigadora era o de mediadora, estimulando os alunos a refletir sobre a importância da colaboração dos seus pares de forma a que fosse estabelecido constantemente um diálogo entre os alunos, respeitando sempre as opiniões de cada um. Cada par de alunos possuía um kit sob a sua responsabilidade para implementar as atividades que foram criadas e planeadas. A colaboração, que implica a ajuda entre pares, proporcionou o confronto com vários pontos de vista, várias maneiras de resolver o mesmo problema. Os alunos ao trabalharem em grupo ou em pares desenvolveram a comunicação. Para resolver problemas e encontrar soluções os alunos tiveram, obrigatoriamente, que comunicar entre si as estratégias de resolução. A comunicação entre os pares e/ou os grupos criou elos entre as noções informais e intuitivas dos alunos e, por outro lado, entre a linguagem abstrata e simbólica da programação que continha uma forte componente matemática. Os alunos desenvolveram a capacidade de ouvir os outros, de pensar, de partilhar e de negociar as dinâmicas de intervenção. A partilha de ideias pode desencadear em conflitos cognitivos úteis para o desenvolvimento integral do aluno (Ramos, 2005). Cada aluno teve a liberdade de se agrupar com o seu colega sem que houvesse imposição da nossa parte. Apenas quando vimos que algum grupo não funcionava bem tentamos solucionar o problema alterando a constituição dos grupos. Os que tinham mais facilidade podiam ajudar os que tinham mais dificuldades.

A autonomia e iniciativa pessoal foi uma característica evidente. A autonomia envolve compromisso, escolha, resolução, planificação, execução e julgamento. Deste modo, os alunos definiram os seus objetivos, estabeleceram as sucessivas metas e avaliaram a sua aprendizagem.

Outra competência que os alunos desenvolveram foi a de comunicar oralmente e por escrito, recorrendo à linguagem natural e à linguagem matemática, interpretando, expressando e discutindo resultados, processos e ideias matemáticas. De fato, como foi possível verificar pela análise dos diários, relatórios e questionários, os alunos desenvolveram esta competência através da aquisição de vocabulário específico. Os projetos de Robótica Educativa e este especialmente, incluem questões e desafios que exigiam ao aluno uma reflexão sobre o que tinha realizado, que descrevesse pelas suas próprias palavras o que tinha desenvolvido e explicasse o raciocínio conduzido, que mostrasse os cálculos efetuados e que realizasse diários escritos e as demonstrações concebidas.

Na nossa investigação valorizamos o uso de diários pelo facto de que eles revelam a descrição pessoal das atividades por parte dos seus participantes. Os diários educativos são considerados como uma ferramenta que promove competências de aprendizagem que se mantêm ao longo da vida (Walden, 1998), são considerados como uma forma de envolver alunos ativamente na aprendizagem (Connor-Greene, 2000) e tornam os alunos mais conscientes do que aprendem e de como aprendem (Voss, 1998)

De uma forma mais particular, no caso da matemática e resolução de problemas, os alunos desenvolveram as seguintes competências com a realização deste projeto:

- ✓ Compreenderam a afinidade da programação dos robôs com as operações aritméticas da multiplicação e divisão dadas as inúmeras relações de proporcionalidade subjacentes à programação do movimento do robô, relacionados com o tempo e espaço, com a programação por número de graus e números de rotações da roda do robô.

- ✓ Descobriram, através da experimentação com robôs, relações de proporcionalidade entre as várias medidas: distância percorrida, número de rotações da roda/ângulo e tempo.
- ✓ Desenvolveram a capacidade de calcular perímetros de uma circunferência a partir do seu diâmetro, como uma operação de multiplicação.
- ✓ Foram capazes de converter unidades de medida (*rotações para graus*) e (*polegadas para centímetros*).
- ✓ Aprenderam o conceito de *velocidade* como divisão entre o espaço percorrido e o tempo gasto.
- ✓ Aprenderam a encontrar a distância através do *perímetro* da roda multiplicando-o pelo número de *rotações*.

### 7.3 Trabalho futuro

Podemos concluir que o campo da robótica educativa se mostra bastante fértil para a educação e para a investigação pedagógica. Está na mão de cada um de nós professores aproveitar a sua utilização de maneira a melhorar a prática docente e aprofundar o conhecimento dos alunos.

É claro que o trabalho que aqui se apresenta sofre de diversas limitações, devidas ao tempo limitado e aos recursos disponíveis. De facto, a validação da Robótica Educativa como instrumento de grande potencial pedagógico requer o trabalho concertado da comunidade educativa e recursos que não estavam ao nosso alcance. Uma avaliação exaustiva do potencial da Robótica Educativa no 1º ciclo, mesmo cingindo-nos a áreas curriculares específicas, implica instrumentos de validação quantitativos aplicados a amostras de grande dimensão e um cuidado no tratamento de inúmeras variáveis sociais, económicas e pedagógicas que podem determinar o resultado final.

Assim, neste estudo optamos por uma abordagem de índole qualitativa que, apesar das suas limitações, pensamos constituir um contributo importante para a afirmação da Robótica Educativa como instrumento pedagógico credível. No futuro,

pensamos que, a haver recursos para tal, se deveriam realizar estudos quantitativos com objetivos semelhantes. Pensamos que os recursos criados por este trabalho poderão servir de base a um estudo dessa índole, sendo obviamente refinados para o efeito.

A plataforma criada por este trabalho pode também ser aplicada noutros contextos educativos, quer em termos etários, quer em termos de área de aplicação curricular. O desenvolvimento de outros materiais aplicados a áreas distintas pode valorizar em muito o material já disponibilizado. A criação de uma comunidade de Robótica Educativa de língua portuguesa, contribuindo com recursos para um portal web como o que aqui se disponibiliza, com participação alargada, seria um desiderato de enorme interesse pedagógico. Esperamos ter dado um primeiro passo nesse sentido.

## Referências Bibliográficas

A

- **Abbatinozzi, M. e Adamec, D., (2003).** *Exploring Physical Science Through Engineering.* [http://www.ceeo.tufts.edu/robo/abatceeo/k12/curriculum\\_units/PhysicalScience\\_GRD9.pdf](http://www.ceeo.tufts.edu/robo/abatceeo/k12/curriculum_units/PhysicalScience_GRD9.pdf)
- **Abelson, H., & DiSessa, A. (1981).** *Turtle geometry: The computer as a medium for exploring mathematics.* Cambridge, MA: MIT Press.
- **Abrantes, P. (1994).** *O trabalho de projeto e a relação dos alunos com a Matemática: A experiência do Projeto MAT789* (Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa). Lisboa: Associação de Professores de Matemática.
- **Abrantes, P. (2009).** *Aprender com robots.* (Dissertação de Mestrado em Educação na especialidade TIC na Educação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa). Lisboa: FCUL. [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3646/1/ulfc055872\\_tm\\_Paula\\_Abrante\\_s.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3646/1/ulfc055872_tm_Paula_Abrante_s.pdf)
- **Abrantes, P. et al (1998).** *Matemática 2001 – Diagnóstico e Recomendações para o Ensino e Aprendizagem da Matemática.* Lisboa: Associação de Professores de Matemática e Instituto de Inovação Educacional.
- **Abrantes, P., Serrazina, L. e Oliveira, I. (1999).** *A matemática na Educação Básica.* Reflexão participada sobre os currículos do ensino básico. Lisboa: ME – DEB.
- **Abreu, J. (2004).** *Disseminação da robótica pedagógica em diferentes níveis de ensino.* Revista Educativa, Nova Odessa, v.1, n.1, p-11-16, dez. 2004
- **Ackermann, E. (1991).** The “agency” model of transactions: Toward an understanding of children’s theory of control. In J. Montangero & A. Tryphon (Eds.), *Psychologie génétique et sciences cognitives* (pp. 63-73). Geneva: Fondation Archives Jean Piaget.
- **Acuña, A. (2004).** *Robótica y aprendizaje por Diseño en EDUCACIÓN AÑO XLVIII- XLIX*, No 139-140, I- II. <http://www.educoas.org/portal/bdigital/lae-ducacion/home.html>
- **Acuña, A. (2006).** *Robótica: espacios creativos para el desarrollo de habilidades para los niños, niñas e jóvenes en América Latina.* Costa Rica: Fondo Regional para la Innovación Digital en América Latina y el Caribe. (<http://docplayer.es/7757406-Proyecto-robotica-espacios-creativos-para-el-desarrollo-de-habilidades-en-diseno-para-ninos-ninas-y-jovenes-en-america-latina.html>)
- **Acuña, A. (2007).** *La robótica educativa: un motor para la innovación.*

[www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2007/roboticamotor\\_innova\\_articulo.pdf](http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2007/roboticamotor_innova_articulo.pdf)

- **Acuña, A. L. (2003).** *El enfoque basado en proyectos en las Salas de Exploración de Robótica - Área de Investigación y Desarrollo en Robótica, Fundación Omar Dengo - Programa Nacional de Informática Educativa I, II Ciclos y Preescolar.*
- **Acuña, A. L. (2003).** *Propuesta Pedagógica de los Talleres de Solución Creativa con Robótica - Programa Nacional de informática Educativa III Ciclos. Fundación Omar Dengo*
- **Afonso, A. (1999).** *Avaliação de uma abordagem construtivista de "o som e a audição": um estudo com alunos do 8º Ano de Escolaridade.* Braga: Universidade do Minho. Tese de Dissertação de Mestrado.
- **Alimisis, D. (2013).** *Educational robotics: Open questions and new challenges.* Themes in Science & Technology Education, 1 (29), pp. 63-71. <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/119>.
- **Almeida, C. (2015).** *A importância da aprendizagem da robótica no desenvolvimento do pensamento computacional: Um estudo com alunos do 4º ano.* Tese de mestrado em educação. Instituto de Educação. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- **Almeida, M. (2000).** *Informática e formação de professores.* Volume 1. Brasília: Editora Parma, 2000.
- **Amado, N. (2007).** *O professor estagiário de matemática e a integração das tecnologias na sala de aula - Relações de Mentoring numa constelação de práticas.* Tese de Doutoramento em Matemática - Especialidade de Didática da Matemática, apresentada à Universidade do Algarve - Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- **Amante, L. (2007).** *As TIC na Escola e no Jardim-de-infância: motivos e factores para a sua integração.* Sísifo: Revista de Ciências da Educação, 03, pp. 51-64. <http://sisifo.fpce.ul.pt>.
- **Amaral H. (2003).** *Atividades investigativas na aprendizagem da Matemática no 1º ciclo.* Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa.
- **American Association for the Advancement of Science (1990).** *Science for all Americans.* New York: Oxford University Press.
- **Andrade, F. (2011).** *Robótica Educacional: Uma metodologia educacional no estudo de Funções de 7º ano.* Tese de Mestrado em ensino de Matemática no 3º ciclo e secundário. Universidade da Madeira.
- **Antunes, C. (1999).** *Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências.* Petrópolis. RJ. Editora Vozes. 295p.

- **Area, M. M. (2001).** Una Escuela del Siglo XIX en el Siglo XXI? Redefiniendo las metas, formas y políticas de la Educación en la Era Digital. In *As Novas tecnoloXías como eixos de innnovación nos centros educativos non universitários*. ICE de la Universidad de Santiago de Compostela. URL:<http://webpages.ull.es/users/manarea/Documentos/documento9.htm>
- **Arends, R. (1994).** *Learning to teach*. 4ª Ed. NY: MacGraw Hill.
- **Associação de Professores de Matemática (1988).** *Renovação do Currículo de Matemática*. Lisboa: APM.

## B

- **Bacaroglo, M. (2005).** *Robótica Educacional: Uma metodologia educacional*. Londrina, Paraná, Brasil: Universidade Estadual de Londrina.
- **Badilla, E. y Chacón, A. (2004).** *Construccionismo: objetos para pensar, entidades públicas y micromundos*. Revista Actualidades Investigativas en Educación, (vol 4), Número 1. [http://revista.inie.ucr.ac.cr/articulos/1\\_2004/archivos/construccionismo.pdf](http://revista.inie.ucr.ac.cr/articulos/1_2004/archivos/construccionismo.pdf)
- **Baptista, M. (2012).** *O Clube de Robótica da Escola de Santa Cruz: Um estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado em Ciências da Educação – Inovação Pedagógica. Universidade da Madeira.
- **Barak, M & Zadok, Y (2007).** *Robotics projects and learning concepts in science*. Negev. Israele.
- **Barak, M. (2004).** *Issues involved in attempting to develop independent learning in students working on technological projects*. Research in Science & Technological Education, 22(2), 171–183.
- **Barak, M. (2007).** *Problem-solving in technology education: The role of strategies, schemes and heuristics*. In D. Barlex (Ed.), Design & technology – for the next generation (pp. 152–167). London: The Technology Enhancement Program and the Nuffield Design and Technology Project.
- **Barak, M. y Zadok, Y. (2009).** Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education* 19(3), 289-307.
- **Barak, M., & Goffer, N. (2002).** *Fostering systematic innovative thinking and problem solving: Lessons education can learn from industry*. International Journal of Technology and Design Education, 12(3), 227–247.
- **Barak, M., & Mesika, P. (2007).** *Teaching methods for inventive problem-solving in junior*

*high school. Thinking Skills and Creativity*, 2(1), 19–29.

- **Barak, M.; Zadok, Y. & Doppelt, Y. (2000).** *Using a portfolio to enhance creative thinking.* *The Journal of Technology Studies*, 26(2), 16–25.
- **Barra, M. (2004).** *Infância e Internet – Interações na Rede.* Azeitão: Autonomia27.
- **Barros, M. G. (1992).** *Epistemologia da Linguagem Logo – como podem os computadores afectar a maneira como as pessoas pensam e aprendem.* *Informática e Educação*, n.º 3 pp. 39-55.
- **Barros, R. P. (2008).** *Roboeduc - uma ferramenta para programação de robôs lego.* Trabalho de Conclusão de Curso, UFRN, Natal/RN.
- **Barthes, R. (1972).** *Mythologies* (A. Lavers, Trans.). New York: Hill and Wang.
- **Batista, M. (2010).** *O Robot NXT Mindstorms e a Área de Projeto.* Tese de Mestrado Área de especialização em Tecnologias de Informação e Comunicação e Educação.. Universidade de Lisboa. Instituto de educação. Lisboa
- **Batista, M. (2012).** *O Robot NXT Mindstorms e a Área de Projeto.* Tese de mestrado. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Lisboa
- **Battista, M. T., & Clements, D. H. (1986).** The effects of Logo and CAI problem-solving environments on problem-solving abilities and mathematics achievement. *Computers in Human Behavior*, 2, 183-193.
- **Beals, L., & Bers, M. (2006).** Robotic technologies: When parents put their learning ahead of their child's. *Journal of Interactive Learning Research*, 17(4), 341-366.
- **Bednar, a.; Cunningham, D., Duffy, T.; Perry, D. (1992).** Theory into practice: How do We Link. In T. Duffy & D. Jonassen (Eds) *Construtivism and the Technology of Instruction: a conversation.* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- **Beer, R.D., Chiel, H.J, e Drushel, R.F. (1999).** *Using Autonomous Robotics to Teach Science and Engineering.* *Communications ACM*, 42(6):85-92.  
<http://mypage.iu.edu/~rdbeer/Papers/CACMLEGO.pdf>
- **Belchior, M., Taffoi, B., Paulino, C., Correia, H., Silva, M. T., Camilo, M. R., Branco, P., Almeida, P., & Fragoso, T. (1993).** *As Novas Tecnologias de Informação no 1º Ciclo do Ensino Básico.* Lisboa: GEP – Ministério da Educação
- **Bell, J, (1993).** *Doing your research project.* Buckingham: Open University Press.
- **Bell, Judith (1997).** *Como realizar um projeto de investigação.* Lisboa: Gradiva.
- **Bento, F. P. C. (2002).** *A Linguagem Logo e o conceito de função.* Braga. Universidade do Minho.

- **Berman, J., & Bruckman, A. (2001).** The Turing game: Exploring identity in an Bers, M. (2001). Identity construction environments: Developing personal and moral values through the design of a virtual city. *The Journal of the Learning Sciences*, 10(4), 365-415.
- **Bers, M. (2006).** The role of new technologies to foster positive youth development. *Applied Developmental Science*, 10(4), 200-219.
- **Bers, M. (2007).** Project InterActions: A multigenerational robotic learning environment. *Journal of Science and Technology Education*, 16(6), 537-552.
- **Bers, M. (2007a).** Positive technological development: Working with computers, children and the Internet. *MassPsych*, 51 (1), 5-7, 18-19.
- **Bers, M. (2007b).** Engineers and storytellers: Using robotic manipulatives to develop technological fluency in early childhood. In O. N. Saracho & B. Spodek (Eds.), *Contemporary perspectives on science and technology in early childhood education* (pp. 103-123). Charlotte, NC: Information Age Publishers.
- **Bers, M. (2008).** *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom*. New York: Teachers College Press
- **Bers, M., & Cassell, J. (1999).** Interactive storytelling systems for children: Using technology to explore language and identity. *Journal of Interactive Learning Research*, 9(2), 603-609.
- **Bers, M., & Portsmore, M. (2005).** Teaching partnerships: Early childhood and engineering students teaching math and science through robotics. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), 59-73.
- **Bers, M., & Urrea, C. (2000).** Technological prayers: Parents and children working with robotics and values. In A. Druin & J. Hendler (Eds.), *Robots for kids: Exploring new technologies for learning experiences* (pp. 194-217). New York: Morgan Kaufman.
- **Bers, M., New, B., & Boudreau, L. (2004).** Teaching and learning when no one is expert: Children and parents explore technology. *Early Childhood Research & Practice*, 6(2). Retrieved August 29, 2007, from <http://ecrp.uiuc.edu/v6n2/bers.html>
- **Bers, M., Ponte, I., Juelich, K., Viera, A., & Schenker, J. (2002).** Integrating robotics into early childhood education. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2002(1), 123-145.
- **Bers, M.; Ponte, I.; Juelich, C.; Viera, A.; Schenker, J. (2002).** Teachers as Designers: Integrating Robotics in Early Childhood Education. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2002(1), AACE, 123-145.
- **Billstein, R., Libeskind, S. e Lott, J.W. (2007).** A problem solving approach to mathematics

for elementary school teachers (9..Ed.). Boston: Pearson Education.

- **Bloom, B.; Masie, B.; Krathwohl, D. (1956).** *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Education Goals.* New York: David McKay.Co.
- **Bloom, B.; Masie, B.; Krathwohl, D. (1964).** *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Education Goals - 2.* New York: David McKay.
- **Bogdan R. e Taylor, S. (1986).** *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: La búsqueda de significados.* Buenos Aires: Editorial Paidós.
- **Bogdan R., Biklen S. (1994).** *Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à teoria e aos métodos.* Porto: Porto Editora.
- **Bogdan, R., & Taylor, S. (1975).** *Introduction to qualitative research methods: A phenomenological approach to the social sciences.* New York: J. Wiley.
- **Bredenkamp, S., & Copple, C. (1997).** *Developmentally appropriate practice in early childhood programs* (Rev. Ed.). Washington. DC: National Association for the Education of Young Children.
- **Bredenkamp, S., & Rosegrant, T. (Eds.). (1995).** *Reaching potentials: Transforming early childhood curriculum and assessment* (Vol. 2). Washington, DC: National Association for the Education of Young Children.
- **Brooks, J. G. e Brooks, M. G. (1997).** *Construtivismo em sala de aula.* Artes Médicas. Porto Alegre-RS p. 39
- **Brooks, J., Brooks M.:** In search of understanding: The case for constructivist classrooms. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development (1993)
- **Brosterman, N. (1997).** *Inventing kindergarten.* New York: Harry N. Adams, Inc.
- **Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989).** *Situated cognition and the culture of learning.* Educational Researcher, 18(1), 32-42.
- **Bruckman, A. (1998).** Community support for constructionist learning. *CSCW (Computer Supported Collaborative Work): The journal of Collaborative Computing*, 7, 47-86.
- **Bruner, J. (1990).** *Acts of meaning.* Cambridge, MA: Harvard University Press.
- **Bruner, J. S. (1986).** *Actual minds, possible words.* New york: Plenum Press.
- **Burton, J. K.; Moore, D.; Magliaro, S. (1996)** Behaviorism and Instructional Technology. In D. Jonassen (Ed) *Handbook of Research for Educational Communications and technology.* New York: Macmillan USA.
-

- **Cabral, C. (2010).** *Robótica Educacional e Resolução de problemas: Uma abordagem microgenética da construção do conhecimento.* Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Porto Alegre .
- **Cabral, C. P. (2011).** *Tecnologia e Educação: da Informatização à Robótica Educacional,* pp. 32-59. Porto Alegre: Ágora. <http://websmed.portoalegre.rs.gov.br/escolas/revistavirtualagora/robotica.pdf>.
- **Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M., (2002).** *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências.* Ministério da Educação .
- **Campos, L. (1994).** *O Computador na Escola.* Lisboa: Editorial Presença.
- **Carberry, Adam & Hynes, Morgan (2007).** *Underwater Lego Robotics: Testing, Evaluation & Redesign.* American Society for Engineering Education, 2007
- **Cardoso, Inês (2005).** *Roamer Robot in Portugal.* Eurologo, Warsaw. Coimbra, pp. 344-352. <http://eurologo2005.oeiizk.waw.pl/PDF/E2005Cardoso.pdf>.
- **Carmo, B. (2013).** *A robótica educativa no desenvolvimento do raciocínio matemático* (Dissertação de Mestrado em Ensino do 1º e 2º ciclos do ensino básico apresentada à Escola Superior de Educação e Comunicação da Universidade do Algarve). Faro: Universidade do Algarve. <http://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/3625>.
- **Carmo, B. (2013).** *Promovendo o Raciocínio Matemático através da Robótica Educativa.* Atas do II Encontro Nacional TIC e Educação para Alunos do Ensino Básico e Secundário. Instituto Superior de Educação, Lisboa, p. 7-12.
- **Carneiro, C. (2005).** *O contributo da Linguagem Logo no Ensino e Aprendizagem da geometria: Uma proposta de ensino de geometria no 5º ano de escolaridade.* Dissertação de Mestrado em Educação. Supervisão Pedagógica. Universidade do Minho. Instituto de Educação e Psicologia. Braga.
- **Carretero, M. (1993)** *Construtivism Y Education.* Zaragoza: Editorial Edelvives.
- **Carvalho, A. A. (1999).** *Os Hipermédia em Contexto Educativo.* Braga: CIED-UM. 199
- **Carvalho, A. A. (2000).** *A representação do conhecimento segundo a Flexibilidade Cognitiva.* Revista Portuguesa de Educação, 13 (1), 2000, pp. 169-184
- **Carvalho, A. A. A. (1999).** *Os Hipermédia em Contexto Educativo.* Braga: CEEP (Centro de Estudos de Educação e Psicologia), Universidade do Minho.
- **Carvalho, A. A.; Dias, P. (1996).** *Os Hipermedia na Aprendizagem de Assuntos Complexos.* In L. Almeida; Silvério; J. Araújo (Org.) Atas do 2º Congresso Galaico-Português de psicopedagogia.

Braga: Universidade do Minho. 258-264

- **Carvalho, A. A.; Dias, P. (1997).** *A Teoria da Flexibilidade Cognitiva na estruturação de Documentos Hipermedia*. In A. Estrela; R. Fernandes; F. Costa; I. Narciso; Valério (Org) *Contributos da Investigação Científica para a Qualidade do Ensino; Atas do III Congresso da SPCR*. Lisboa: SPCE. 343-352
- **Castilho, I. (2002).** *Robótica na educação: com que objetivos?* Monografia (Especialização). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- **Castilho, I. (2003).** *A Robótica Como Prática Pedagógica*. In: Encontro Marista de Tecnologias Aplicadas à Educação, 3. Rio Grande do Sul. CNOTINFOR. [http://www.cnotinfor.com.br/cnotinfor/robotica.htm#o\\_que\\_e\\_robotica](http://www.cnotinfor.com.br/cnotinfor/robotica.htm#o_que_e_robotica).
- **Castro, C. (2006).** *A influência das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no Desenvolvimento do Currículo por Competências*. Dissertação de Mestrado: Universidade do Minho, Braga. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/6097>.
- **Castro, V. (2008).** *RoboEduc: Especificação de um Software Educacional para Ensino da Robótica às Crianças como uma Ferramenta de Inclusão Digital*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Centro de Tecnologia PPGEEC - Programa De pós-graduação em engenharia elétrica e de computação. Natal, RN.
- **Cavallo, D. (1999).** “Project Lighthouse in Thailand: Guiding Pathways to Powerful Learning” In *Logo Philosophy and Implementation*. Sharnee Chait.
- **Celestino, H. (2013).** *Aprendizagem de estruturas de Controlo com recurso à Robótica Educativa*. Tese de Mestrado em Ensino de Informática. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- **César, D. R. (2007).** *Robótica Livre: Soluções tecnológicas livres em ambientes informatizados de aprendizagem na área da Robótica Pedagógica*, XIII WIE – Workshop sobre Informática na Escola
- **César, D. R. (2009)** - *Potencialidades e limites da Robótica pedagógica livre no processo de (re)construção de conceitos científico-tecnológicos a partir do desenvolvimento de artefactos robóticos*. Tese de Mestrado. Universidade Federal da Bahia – Faculdade de Educação (Programa de Pós-Graduação em Educação). Salvador
- **Chella, M. T. (2002).** *Ambiente de Robótica para Aplicações Educacionais com SuperLogo*. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação – FEEC. Dissertação de mestrado.
- **Clements, D (1999).** *Young children and technology*. In *Dialogue on early childhood science, mathematics, and technology education*. Washington, DC: American Association for the

- **Clements, D. (1997).** Students Development of Length Concepts in Logo – Based Unit on Geometric Paths. *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 28, n.º 1, pp. 70-95.
- **Clements, D. H. (1987).** Longitudinal study of the effects of Logo programming on cognitive abilities and achievement, *Journal of Educational Computing Research*, 3, 73-94.
- **Clements, D. H. Sarama, J. (1997).** Research on Logo: a decade of progress. *Computers in the Schools*, 14(1-2), 9-46.
- **Clements, D. H., & Sarama, J. (2003).** Strip mining for gold: Research and policy in educational technology—A response to “Fool’s Gold.” *Educational Technology Review*, 11(1), 7-69.
- **Clements, D., Battista, M., Akers, J., Woolley, V., Meredith, J., McMillen, S., (1995).** *Turtle Paths*. Massachusetts: Dale Seymour Publications.
- **CNEB (2001).** Currículo Nacional do Ensino Básico; Competências Essenciais (2001).
- **Coffield, F.; Moseley, D.; Hall, E.; Ecclestone, K. (2004).** *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review*. London: Learning and Skills Research Centre.
- **Cohen, L. & Manion, L. (1994).** *Research Methods in Education*, 4ª Ed. London: Routledge.
- **Cohen, L. Manion, L. (1990).** *Métodos de Investigación Educativa*. Madrid: Editorial la Muralla, SA
- **Coll, C. (1990).** *Escola e comunidade: um novo compromisso*. Revista Pátio 10,9.
- **Coll, C. (1997).** *O construtivismo na sala de aula*. 2 ed. Ática. São Paulo.
- **Coll, C. et al (2001).** *O Construtivismo na Sala de Aula – novas perspectivas para acção pedagógica*. Lisboa: Asa
- **Colorado, M. (2002).** *Ambientes de Aprendizaje con robótica pedagógica*. Bogotá. Colombia.
- **Colorado, M. (2003a).** *Ambientes de aprendizaje com Robótica Pedagógica*. (<http://www.eduteka.org/RoboticaPedagogica.php>)
- **Colorado, M. (2003b).** *Implementación de estrategias de Robótica Pedagógica en las Instituciones Educativas*. Colombia. (<http://www.eduteka.org/pdfdir/RoboticaPropuesta.pdf>)
- **Colorado, M. (2003c).** *Ladrillos programables para robótica educativa: Lego Vs Crickets*. Bogotá. Colombia.
- **Conchinha, C. (2011).** *Lego Mindstorms: Um estudo com utentes com paralisia cerebral*. (Dissertação de Mestrado em Educação na área de Especialização em Tecnologias da

Informação e Comunicação e Educação apresentado ao Instituto da Educação da Universidade de Lisboa). Lisboa: Universidade de Lisboa.  
<http://hdl.handle.net/10451/5747>

- **Conchinha, C. (2011).** *Lego Mindstorms: um estudo com utentes com paralisia cerebral*. Lisboa: Universidade de Lisboa.  
[http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/5747/1/ulfpie039843\\_tm.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/5747/1/ulfpie039843_tm.pdf)
- **Connor-Greene, P. (2000).** Making connections: Evaluating the effectiveness of journal writing in enhancing students learning. *Teaching of Psychology*, 27 (1) 44-46.
- **Cooper, P. (1993).** Paradigm Shifts in Designed Instruction: From Behaviorism to Cognitivism to Constructivism. *Educational Technology*, XXXIII, (5).
- **Costa, M. F. e Fernandes, J. (2004).** *Growing up with robots*. Proceedings of Hsci2004
- **Costa, M. F. e Fernandes, J. (2005).** *Robots at School. The Eurobotice project*. Proceedings of Hsci2005.
- **Costa, M. J. e Silva, J.M. (2006).** *Projecto de Investigação – Trabalho de Investigação no Ensino da Física*. Braga. Universidade do Minho.
- **Coutinho, C. (2005).** *Percursos da Investigação em Tecnologia Educativa em Portugal: Uma abordagem temática e metodológica a publicações científicas (1985-2000)*. Dissertação de Doutoramento. Braga: Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho.
- **Coutinho, C. (2011).** *Metodologia de Investigação em ciências sociais e humanas: teoria e prática*. Coimbra: Edições Almedina. S.A.
- **Coutinho, C. (2013).** *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática* (2ª ed.). Almedina: Coimbra.
- **Curry, L. (1990).** *A critique of the research on learning styles*. *Educational Leadership*, 48, 50-56.

## D

- **D'Abreu, J.; Ramos, J.; Mirisola, L. & Bernardi, N. (2012).** Robótica Educativa/Pedagógica na Era Digital. In *Atas – II Congresso Internacional TIC e Educação (ticEDUCA2012)*. Instituto de Educação Da Universidade de Lisboa.
- **D'Agustino, S. (2007).** Catching the vision, teachers as learners: Robotics professional development. In *Classroom Robotics: Case stories of 21st century Instruction for millennial students*. Mark Gura and Kathleen P. King (eds). Fordham University.

- **Davey, M. (1992).** *Métodos de avaliação pessoal (técnicas para melhor conhecer o seu interlocutor)*. Lisboa: Editorial Presença.
- **De la Torre, S. (1998).** *Cómo innovar en los centros educativos. Estudios de casos*. Española, Madrid, España p. 19.
- **De la Torre, S. (2006).** *Comprender y evaluar la creatividad*. Vol.1. Málaga. Espanã: ediciones Aljibe.
- **DEB (2001).** *Currículo Nacional do Ensino Básico. Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Básico.
- **Detsikas, N. & Alimisis, D. (2011).**  
[http://edumotiva.eu/edumotiva/images/files/publications/ISSEP2011/detsikas\\_alimisis\\_paper\\_v2.pdf](http://edumotiva.eu/edumotiva/images/files/publications/ISSEP2011/detsikas_alimisis_paper_v2.pdf)
- **DGIDC (2007).** *Programa de Matemática do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação.
- **Dias de Figueiredo, A. (1987).** *Os meios informáticos na educação*. Noesis, nº 2, 16-23.
- **Draper, R. J. (2002).** School mathematics reform, constructivism and literacy: A case for literacy instruction in the reform-oriented math classroom incorporating literacy instruction with mathematics lessons can improve students' ability to learn and understand. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 45 (6), 520-529.
- **Duckworth, E. (1972).** *The having of wonderful ideas*. Harvard Educational Review, 42(2), 217-231.
- **Duckworth, E. (1991).** *The having of wonderful ideas and other essays*. New York: Teachers College Press.
- **Duffy, T.; Cunningham, D. (1996).** *Constructivism: implications for de design and delivery of instruction*. In D. Jonassen (Ed) Handbook of Research for educational Communications and Technology. New York: Macmillan USA. 170-198.
- **Duffy, T.; Jonassen, D. (1992).** *Constructivism: new implications for Instructional Technology*. In T. Duffy & D. Jonassen (eds) *Constructivism and the Technology of Instruction – A Conversation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 1-16

## E

- **Edwards, C., Gandini, L., & Forman, G. (Eds.). (1998).** *The hundred languages of children*. Greenwich, CT: Ablex.
- **Egan, K. (1986).** *Teaching as Story Telling*. London: Routledge.

- **Eguchi, A. (2010).** What is Educational Robotics? Theories behind it and practical implementation. *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, (págs. 4006-4014). Chesapeake.
- **Eliasz, A.W. (2009).** Not just “teaching robotics” but “teaching through robotics”. Berlin. Heidelberg.
- **Erikson, E. (1950).** *Childhood and society*. New York: Norton.

## F

- **Fan, X., & Chen, M. (2001).** Parental involvement and students’academic achievement: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 13(1), 1-22.
- **Fernandes M. M. B. (1993).** *Situação Actual da Linguagem Logo em Educação*. Braga: Universidade do Minho.
- **Fernandes, D. (1988).** Comparison of the effects of two models of instruction on the problem-solving performance of preservice elementary schools teachers and on their awareness of the problem-solving strategies they employ, doctoral dissertation, Texas A and M University .
- **Fernandes, E. (2012).** Aprender matemática com Robots: a dança entre a agência material e agência conceptual. In *Atas do XXIII SIEM Seminário de Investigação em Educação Matemática*. Lisboa: APM. Pp. 95-306.
- **Fernandes, E. (2013a).** The Emergence of Agency In A Mathematics Class With Robots. In *Proceedings of the 8<sup>th</sup> Conference on Europeen Research on Mathematics Education – CERME8 – Antalya*. Turkey.
- **Fernandes, E. (2013b).** *Viajando entre a Agência Disciplinar e a Agência Conceptual, para aprender Funções, A bordo de um robot transportando Agência Material*. Bolema.
- **Fernandes, E. (2013c).** Aprendendo sobre a Aprendizagem das funções com Robots. In E. Fernandes (Ed.). *Aprender Matemática e Informática com robots*. (pp. 145-164). Funchal: Universidade da Madeira.
- **Fernandes, E. & Martins, S. (2013).** Using robots to learn in primary school practice: Participation, Competence and agency: *British Journal of Educational Technology*.
- **Ferreira, S. (2013).** *A robótica educativa no ensino-aprendizagem de estruturas de seleção*. Tese de Mestrado em Ensino de Informática. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- **Ferreira, S.; Oliveira, D.; Celestino, H. & Abrantes, P. (2013a).** *Uma proposta de ensino-*

*aprendizagem da disciplina aplicações informáticas utilizando robótica educativa e storytelling.* Artigo apresentados na conferência internacional Investigação, práticas e contextos em educação. Leiria. Portugal.

- **Fey, J. (1991).** Tecnologia e educação matemática: Uma revisão de desenvolvimentos recentes e problemas importantes. Em J. P. Ponte (Org.), *O computador na Educação Matemática. Série Cadernos de Educação Matemática, n.º 2*, pp.45-79. Lisboa: APM.
- **Fino, C. (1999).** *Um software educativo que suporte uma construção do conhecimento e interação.* <http://www.minerva.uevora.pt/RotaDoCabo/estudo/fundamentos.htm>.
- **Fino, C. (2000).** *Novas Tecnologias, Cognição e Cultura: um Estudo no Primeiro Ciclo do Ensino Básico.* Tese de Doutoramento. Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- **Fino, C. (2001).** *Uma turma da “Geração Nintendo” construindo uma cultura escolar nova.* In Paulo Dias e Cândido Varela Freitas (orgs.). Actas da 2ª Conferência Internacional de Tecnologias da Informação e Comunicação, Challenges 2001. Braga: Centro de Competência Nónio da Universidade do Minho, pp. 1026-1048
- **Fino, C. (2001).** *Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três Implicações Pedagógicas.* Revista Portuguesa de Educação, 14(1): 273-291
- **Fitch, D. (2002).** *Digital inclusion, social exclusion and retailing: an analysis of data from the 1999 scottish household survey, em ‘Technology and Society, 2002. (ISTAS’02). 2002 International Symposium on’,* pp. 309– 313
- **Fonseca T. e Caldas I. (1990).** *O Logo e a Matemática no 6º ano de escolaridade.* Lisboa: Polo do Projecto Minerva. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- **Forman, E. A., Minick, M., & Stone, C. A. (Eds.). (1993).** *Context for learning: Socio-cultural dynamics in children’s development.* New York: Oxford University Press.
- **Fortes, R. M. (2007).** *Interpretação de Gráficos de Velocidade em um ambiente robótico.* Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
- **Fosnot, Catherine Twomey (1996).** *Construtivismo e Educação: Teoria, Perspectivas e Práticas.* Lisboa: Instituto Piaget.
- **Fragoso T. (1993).** *As novas tecnologias de informação no 1º ciclo do ensino básico.* Lisboa: Publicações de G.E.P.M.E.
- **Franken, C. (2007).** Not your average “Soccer mom” In M. Gura & K.P King (Eds), *Classroom*

*robotics: case stories of 21st century instruction for millennial students* (pp.35-43).  
Charlotte, NC: Information Age.

- **Frawley, W. (2000).** *Vygotsky e a Ciência Cognitiva: linguagem e integração das mentes social e computacional.* Artmed.
- **Freitas, J. C. (1992).** *As NTIC na Educação: Esboço para um Quadro Global.* In João Correia Freitas e Vítor Duarte Teodoro (orgs.). *Educação e computadores*, pp. 27-88. Lisboa: Ministério da Educação, Gabinete de Estudos e Planeamento.
- **Freixo E. A. (2002).** *A Formulação de Problemas para uma Aprendizagem da Geometria com recurso às Novas Tecnologias*, Vol I. Braga: Universidade do Minho.
- **Fundación Omar Dengo (2006).** *Educación y tecnologías digitales. Cómo valorar su impacto social y sus contribuciones a la equidad.* [http://www.fod.ac.cr/idrc/contenidos/cap\\_1/cap\\_1-01a.htm](http://www.fod.ac.cr/idrc/contenidos/cap_1/cap_1-01a.htm).
- **Fundación Omar Dengo (2007).** *Robótica: espacios creativos para el desarrollo de habilidades en diseño para niños, niñas y jóvenes en América Latina.* [http://www.programafrida.net/docs/informes/b66\\_robotica.pdf](http://www.programafrida.net/docs/informes/b66_robotica.pdf).

## G

- **Gagné, R.; Merrill, M. (1990).** *The Cognitive Psychological Basis for Instructional Design.* In D. Twitchell (Ed.), Robert Gagné and David Merrill in *Conversation, Educational Technology*, XXX (12), 35-46.
- **Gallimore, R & Tharp, R. (1990).** *Teaching mind in society.* Cambridge University Press. New York.
- **Gardner, H. (1993).** *Multiple Intelligences.* New York, Basic Books.
- **Gaspar, L. (2007).** *Os robôs nas aulas de informática: plataformas e problemas.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática. Universidade da Madeira, Funchal.
- **Geddes D. et al (2001).** *Geometria nos 2º e 3º ciclos. Normas para o Currículo e a Avaliação em Matemática Escolar*, Coleção de Adendas, Anos de Escolaridade 5-8. Associação de Professores de Matemática.
- **Gershensfeld, N. A. (1999).** *The nature of mathematical modeling.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- **Gil, A. (2009).** *Métodos e técnicas de pesquisa social.* São Paulo: Editora Atlas. 6ª Edição.
- **Goetz, J. & LeCompte, M. D. (1984).** *Ethnography and qualitative design in educational*

research. Orlnado: Academic Press, Inc.

- **Goldman, R.; Azhar, M. Q. E Sklar, E. (2006).** *An agent-oriented behavior-based interface framework for educational robotics.* In Agent-Based Systems for Human Learning (ABSHL) Workshop at Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS-2006).
- **Gomes, G. (2012).** *A robótica educativa no ensino da programação.* Tese de mestrado apresentada à Universidade de Lisboa. Lisboa. [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/7019/1/ulfpie042801\\_tm.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/7019/1/ulfpie042801_tm.pdf)
- **Gomes, G. & Abrantes, P. (2012).** *Robótica Educativa/Pedagógica na Era Digital.* In *Atas – II Congresso Internacional TIC e Educação (ticEDUCA2012).* Instituto de Educação Da Universidade de Lisboa.
- **Gomes, M. A. (2010).** *Análise comparativa de programas da sociedade da Informação no ensino.* Tese de Mestrado. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior de Tecnologia e Gestão. [http://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/3987/1/Maria\\_Gomes\\_MSI\\_2010.pdf](http://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/3987/1/Maria_Gomes_MSI_2010.pdf).
- **Gonçalves, A. & Freire, C. (2012).** *O primeiro ano do projeto de Robótica educativa.* Robótica Educativa/Pedagógica na Era Digital. In *Atas – II Congresso Internacional TIC e Educação (ticEDUCA2012).* Instituto de Educação Da Universidade de Lisboa.
- **Gonçalves, P. C. (2007).** *Protótipo de um robô móvel de baixo custo para uso educacional.* Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. <http://www.din.uem.br/arquivos/pos-graduacao/Mestrado-em-ciencia-da-computacao/dissertacoes/Paulo%20Cesar%20Goncalves.pdf>.
- **Gould, J. S. (1996).** *Uma perspectiva construtivista do ensino e da aprendizagem da língua.* IN C. Fosnot (Org.), *Construtivismo e educação – teoria, perspectivas e prática.* Lisboa: Instituto Piaget.
- **Gravina M. A. e Santarosa L. M. (1998).** *A aprendizagem da matemática em ambientes informatizados.* Brasília: IV Congresso RIBIE.
- **Gupta, M.; Muhammad, MN & Prashad, S (2005).** *Robots byte in: an exploration of computer science education in middle schools.* Pennsylvania. Usa.
- **Gura, M. (2007).** *Classroom Robotics: Case Stories of 21st Century Instruction for Millennial Students.* Charlotte: Information Age Publishing.
- **Gura, M., & Percy, B. 2005).** *Recapturing technology for education: Keeping tomorrow in today's classroom.* Lanham, MD: Scarecrow.

## H

- **Hacker, L., (2003).** *Robotics in Education: ROBOLAB and Robotic Technology as Tools for Learning Science and Engineering.* Tese de licenciatura apresentada ao Department of Child Development da Tufts University.  
<http://ase.tufts.edu/roboticsacademy/Theses/LauraHacker03.pdf>
- **Hamm, M. & Adams, D. (1998).** *Literacy in science, technology and the language arts: An interdisciplinary inquiry.* Westport, CT: Bergin & Garvey.
- **Han, J. & Gao, R. (2009).**  
[http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5363272&isnumber=5362501.](http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5363272&isnumber=5362501)
- **Hannafin, M.; Hannafin, K. ; Hooper, S.; Rieber, L.; Kini, A. (1996)** *Research on and Research with Emerging Technologies.* In David JONASSEN (Ed) Handbook of Research for Educational Communications and Technology. New York: Macmillan USA.1996, pp. 378-402
- **Hannafin, M.; Hooper, S. 1993).** Learning Principles. In M. Fleming & W. Levie (eds), Instructional Message Design – Principles from Behavioral and Cognitive Sciences. Englewood Cliffs, New Jersey: Educational Technology publications.  
[http://130.64.87.22/roboLABatceeo/Resources/documentation/book\\_teaser\\_2.pdf.](http://130.64.87.22/roboLABatceeo/Resources/documentation/book_teaser_2.pdf)
- **Harel, I., & Papert, S. (1990).** Software design as a learning environment . *Interactive Learning Environments, 1*(1), 1-32.
- **Harel, I., & Papert, S. (1991).** *Constructionism.* Norwood, NJ: Ablex
- **Helm, J. H., Beneke, S., & Steinheimer, K. (1998).** *Windows on learning: Documenting young children's work.* New York: Teachers College Press.
- **Hirst, A. et al (2002).** *What is the Best Environment-Language for Teaching Robotics Using Lego Mindstorms? International Journal of Technology and Design Education, 9,* 173-194.  
<http://mcs.open.ac.uk/bp5/papers/AROB2002/2002-AROB-Hirst.pdf>

## J

- **Jacob, H. H. (1989).** *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation.* Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- **Japiassu, H. 1976).** *Interdisciplinaridade e Patologia do Saber.* Imago. Rio de Janeiro, 1976.
- **Jelden, D.L. (1984).** Operationalizing Learner-Controlled Education. *International Conference on Systems Research and Cybernetics,* Baden-Baden

- **Jonassen, D. H. (1996).** *Computers in the classroom: Mindtools for critical thinking.* Englewood Cliffs, NJ: Merrill.
- **Jonassen, D. H. (2011).** *Learning to solve problems: a handbook for designing problem solving learning environments.* New York: Routledge.
- **Jonassen, D. H., Peck, K. L., & Wilson, B. G. (1999).** *Learning with Technology: A constructivist perspective.* Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall Inc.
- **Jonassen, D.H. (1991).** Objectivism versus Constructivism: Do We Need a New Philosophical Paradigm? *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 5-14
- **Jorgensen, D. (1989).** *Participant observation: a methodology for human studies.* Londres: Sage Publications.
- **Junqueira M. (1996).** *Exploração de construções geométricas em ambientes computacionais dinâmicos.* Quadrante 5(1), pp. 61-108.

## K

- **Kafai, Y., & Resnick, M. (Eds). (1996).** *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- **Kantor, R., Elgas, P., & Fernie, D. (1993).** Cultural knowledge and social competence within a preschool peer culture group. *Early Childhood Research Quarterly*, 8(2), 125-147.
- **Kantowsky, M. G. (1977).** *Processes involved in mathematical problem solving.* Journal for Research in Mathematics Education, 8, 163-180.
- **Katz, Y. J. (1992).** *Toward a Personality Profile of a Successful Computer-Using Teacher.* Educational Technology, Vol 32 (9), 39-41.
- **Kitano, H.; Asada, M.; Kuniyoshi, Y.; Osava, E. (1995).** *Robocup: The robot world cup initiative.* In Proceedings of IJCAI-95 Workshop on Entertainment and AI/Alife.
- **Knudsen, C. P. (2000).** *World-Class Maths and Science - Learning Lab in the Copenhagen Region.* Project Description. Copenhagen.
- **Knudsen, J. (1999).** *The Unofficial Guide to Lego Mindstorms Robots.* O'Reilly.
- **Kolb, D. A. (1984).** *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development.* Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- **Kolb, D.; Fry, R. (1975).** Towards a Theory of Applied Experiential Learning. In Cooper, C. (Ed.) *Theories of Group Processes.* Reading, Mass: Addison Wesley
- **Kolb, D.; Fry, R. (1975).** *Towards a Theory of Applied Experiential Learning.* In Cooper, C.

(Ed.) *Theories of Group Processes*. Reading, Mass: Addison Wesley.

- **Kolodner J.; Crismond, C.; Gray, J.; Holbrook, J.; Puntambekar, S. (1998)**. Learning by design from theory to practice. *Proceedings of the International Learning Conference of the Learning Sciences* (pp. 16-22). Association for the Advancement of Computing in Education.
- **Komosinski, L. J. (2000)**. *Um novo significado para a Educação Tecnológica fundamentado na Informática como Artefacto Mediador da Aprendizagem*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina.
- **Krulik, S. e Rudnick, J. (1993)**. *Reasoning and problem solving - a handbook for elementary school teachers*. Massachusetts: Allyn and Bacon.

## L

- **Laborde J. & Bellemain F. (1994)**. *Cabri Geometry II*. Dallas: Texas Instruments.
- **Landsheere, G. (1993)**. History of Educational Research. In Martin Hammersley, (Ed) *Educational Research: Current issues*. London: The Open University Press. 3-15
- **Lave, J. & Wenger, E. (1991)**. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- **Lave, J.; Wenger, E. (1990)**. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- **Leontev, A. (1977)**. *Activity and consciousness, in, Philosophy in the USSR: problems of dialectical materialism*. Moscow: Progress Publishers.
- **Leontev, A. (1978)**. *Activity, consciousness and personality*. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall
- **Lerner, R.M., Almerigi, J.B., Theokas, C., & Lerner, J.V. (2005)**. Positive youth development: A view of the issues. *Journal of Early Adolescence*, 25(1), 10-16.
- **Lewis, C. (1995)**. *Educating hearts and minds: Reflections on Japanese preschools*.
- **Lima Sá, S. (2011)**. *H-Educ: Um Hardware de baixo custo para Robótica Educacional*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Computação e Automação. Natal RN.
- **Lima, L. (1978)**. *Mutações em educação segundo MacLuhan*. Petrópolis: Vozes.
- **Limkilde, P. (2000)**. *Driving Math - Using Mindstorms for Schools in a math class at business college*. Ringkjøbing Handelsskole & Handelsgymnasium. Ringkjøbing: Dinamarca. ([http://assets.lego.com/downloads/education/driving\\_math.pdf](http://assets.lego.com/downloads/education/driving_math.pdf))
- **Lincoln, Y. S. e Guba E. G. (1985)**. *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills: Sage Publications.

- **Liu, E. (2010).** *Student Satisfaction and Self-efficacy in a Cooperative Robotics Course.* Social behavior & personality: an international journal, vol. 38 issue 8, 11-35.
- **Liu, E. Z. F. (2010).** *Early adolescents' perceptions of educational robots and learning of robotics.* British Journal of Educational Technology, 41(3), E44-E47.
- **Liu, E. Z. F. (2011).** *Avoiding Internet addiction when integrating digital games into teaching.* Social Behavior and Personality, 39(10), 1325-1336.
- **Liu, E. Z. F., & Lin, C. H. (2009).** *Developing evaluative indicators for educational computer games.* British Journal of Educational Technology, 40(1), 174-178.
- **Liu, E. Z. F., Lin, C. H., & Chang, C. S. (2010).** *Student satisfaction and self-efficacy in a cooperative robotics course.* Social Behavior and Personality, 38(8), 1135-1146.
- **Liu, EZF & Lin CH. (2010).** *Student satisfaction and self-efficacy in a cooperative robotics course.* Taipei, Taiwan.
- **Logo Computer Systems. (1999).** *Logo philosophy and implementation.* Westmount, Quebec, Canada: Logo Computer Systems, Inc.
- **Lopes, P. C. & Fernandes, E. (2012).** *Uma corrida de robots na aula de matemática.* Revista Tecnologias na Educação. 4, (7): 1-13.
- **Ludke M., André M., (1986).** *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas.* São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda.
- **Lund, H. H. e Pagliarini, L. (1999).** *Robot Soccer with Lego Mindstorms.* In M. Asada and H. Kitano (eds) RoboCup-98: Robot Soccer World Cup II, LNAI 1604. Heidelberg: Springer Verlag
- **Lund, H.H.e Pagliarini, L. (2000).** *RoboCup Jr with LEGO Mindstorms.* In Proceedings of ICRA. IEEE Press.

## M

- **MacLellan, H. (1996).** (Ed) *Situated Learning Perspectives.* Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- **Magalhães L. e Salgueiro O. (2000).** *O computador está a "mudar" a escola.* Trabalho para Recursos e Tecnologias Educativas. Porto: ESSE Paula Frassinetti.
- **Malaguzzi, L. (1998).** *History, ideas, and basic philosophy: An interview with Lella Gandini.* In C. Edwards, L. Gandini, & G. Forman (Eds.), *The hundred languages of children: The Reggio Emilia approach—advanced reflections* (2nd ed., pp. 49-98). Greenwich, CT: Ablex.
- **Mallory, B., & New, R. (Eds.). (1994).** *Diversity and developmentally appropriate practice:*

*Challenges for early childhood education*. New York: Teachers College Press.

- **Malone, T. (1981)**. Towards a Theory of Intrinsically Motivating Instruction. *Cognitive Science*, 4, 333-369.
- **Martin, F. G. (1988)**. *Children Cybernetics and Programmable Turtles*. Unpublished Master's thesis. Department of Mechanical Engineering. Massachusetts Institute of Technology.
- **Martin, F., Mikhak, B., Resnick, M., Silverman, B., & Berg, R. (2000)**. *To Mindstorms and beyond: Evolution of a construction kit for magical machines*. In A. Druin & J. Hendler (Eds.), *Robots for kids: Exploring new technologies for learning* (pp. 9-33). San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.
- **Martins, C., Maia, E., Menino, H., Rocha, I. e Pires, M. (2002)**. *O trabalho investigativo nas aprendizagens iniciais da matemática*. In J. P. Ponte, C. Costa, A. Rosendo, E. Maia, N. Figueiredo e A. Dionísio (Eds), *Actividades de investigação na aprendizagem da matemática e na formação de professores*. (pp. 59-81) Lisboa: SEM-SPCE
- **Martins, I. (2010)**. *O raciocínio matemático em actividades de investigação numa turma do 5º ano do ensino básico*. Dissertação de mestrado em Didática e Inovação no Ensino das ciências (Matemática). Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade do Algarve.
- **Martins, S. & Fernandes, E. (2012)**. *O trabalho de projeto com robots nos primeiros anos: Analisando a aprendizagem como participação*. Revista Brasileira de Educação.
- **Matos J. e Serrazina M. (1996)**. *Didáctica da Matemática*. Lisboa: Universidade Aberta.
- **Matos, F. (2012)**. *Aprendizagem baseada em problemas com recurso à robótica na programação*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Informática. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Lisboa.
- **Matos, J. (2005)**. *Aprendizagem como participação em comunidades de prática mediadas pelas TIC*.  
[http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jfmatos/comunicacoes/Challenges2005\\_JFM.doc](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jfmatos/comunicacoes/Challenges2005_JFM.doc)
- **Matos, J. F. (1991)**. *Logo na Educação Matemática: um estudo sobre as concepções e atitudes dos alunos*. Lisboa: APM
- **Matos, J. F. (2004)**. *Aprender matemática hoje: a educação matemática como fenómeno emergente*. Conferência proferida no RealMat – Encontro Regional da APM. Vila Real.
- **Matos, J. F.; Carreira, S.; Santos, M. e Amorim, I. (1994)**. *Ferramentas Computacionais na Modelação Matemática*. Lisboa: Projecto Modelação no Ensino da Matemática, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- **Mayer, R. E. e Wittrock, M. C. (1996)**. *Problem solving transfer*. Em D.C. Berlin e R. C. Calfee

(Eds.), Handbook of educational psychology (pp. 47-62). New York: Macmillan. McKendree.

- **McLuhan, M. (1964).** *Understanding media: The extensions of man*. New York: McGraw-Hill.
- **Melo, M. (2009).** *Robótica e resolução de problemas: Uma Experiência com o Sistema Lego Mindstorms no 12º ano*. Tese de Mestrado em Ciências da Educação. Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação. Universidade de Lisboa.
- **Merriam, S. (1988).** *Case study research in education: A qualitative approach*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- **Merriam, S. B. (1998).** *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- **Merrill, M. D. (1987).** *A lesson based on the Component Display Theory*. In C. Reigeluth, (Ed) *Instructional Theories in Action: Lessons Illustrating Selected Theories and Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 201-245
- **Merrill, M. D. (1992).** *Constructivism and Instructional Design*. In Thomas Duffy & David Jonassen (Eds). *Constructivism and the Technology of Instruction: a Conversation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 1-16
- **Merrill, M. D. (1999).** *Instructional transaction Theory (ITT): Instructional Design Based on Knowledge Objects*. In C. Reigeluth, (Ed) *Instructional Theories and Models. A New Paradigm of Instructional Theory*. Vol II. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Pub. 397-425.
- **Miaoulis, I. (2001).** *Introducing engineering into the K-12 learning environments*. *Environmental Engineering*, 37(4), 7-10.
- **Miglino, O., Lund, H. H. e Cardaci, M. (2000).** La robótica como herramienta para la educación. (<http://www.donosgune.net/2000/dokumen/EduRobSp.pdf>).
- **Ministério da Educação (1991).** *O Programa de Matemática (5º e 6º anos)*. Oficinas gráficas da Imprensa Nacional – Casa da Moeda, E. P.
- **Ministério da Educação (1991).** *Programa de Matemática (Plano de organização do ensino-aprendizagem)*. Direcção do Ensino Básico e Secundário.
- **Ministério da Educação (2001).** *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Lisboa: ME-DEB.
- **Minsky, M. (1986).** *The society of mind*. New York: Simon & Schuster.
- **Minsky, Marvin (1988).** *The Society of Mind; Touchstone; p.102.* <http://www.papert.org/articles/PapertsPrinciple.html>
- **Mitnik, R. et al (2009).** Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience.

Computers & Education, 330–342.

- **Morais J. (2000).** *Linguagem Logo/Ensino-aprendizagem*. Porto: ESE do Porto.
- **Morgado, L. (2005).** *Framework for Computer Programming in Preschool and Kindergarten*. Tese de Doutoramento. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- **Morin, Edgar (1981).** *As grandes questões do nosso tempo*. Lisboa: Publicações Europa-América.
- **Morin, Edgar (1983).** *O Paradigma Perdido*. Lisboa: Publicações Europa-América.
- **Morin, Edgar (1991).** *Introdução ao Pensamento Complexo*. Coleção Epistemologia e Sociedade. Lisboa: Instituto Piaget.
- **Morin, Edgar (1999).** *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. 17/09/2009] de < <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001177/117740so.pdf>>
- **Moura F., Simões F. e Pinto M. (1995).** *Rudimentos de programação numa linguagem de alto nível. Abordagem do Visual Basic, Turbo Pascal e Logo*. Rio Tinto: Edições ASA.
- **Muller, A. A., & Perlmutter, M. (1985).** *Preschool children's problem-solving interactions at computers and jigsaw puzzles*. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 6(2-3), 173-186.

## N

- **Nagchaudhuri, A.; Singh, G.; Kaur, M. e George, S. (2002).** *Lego Robotics Products Boost Student Creativity in Pre-college Programs at UMES*. Proceedings of the 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference – session S4D
- **National Academy of Engineering and National Research Council. (2002).** *Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology*. Washington, DC: National Academy Press.
- **National Literacy Trust. (2007).** *Research on parental involvement and family literacy*. Retrieved August 29, 2007, from [http://www.literacytrust.org.uk/research/parents\\_index.html](http://www.literacytrust.org.uk/research/parents_index.html)
- **NCTM (1991).** *Normas para o Currículo e Avaliação em Matemática Escolar* – tradução dos Standards do NCTM, Lisboa: Associação de Professores de Matemática e Instituto de Inovação Educacional.
- **NCTM (1994).** *Normas Profissionais para o ensino da Matemática* – tradução dos Professional Standards do NCTM, Lisboa: Associação de Professores de Matemática e Instituto de Inovação Educacional.

- **NCTM (1999).** *Normas para a avaliação em matemática escolar*. Portugal: Associação de Professores de Matemática. . [Edição Original - (1995) Assessment Standards for School Mathematics, Reston: The National Council of Teachers of Mathematics].
- **NCTM (2000).** *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston. Reston: NCTM.
- **New, R. (1999a).** A new take on an integrated curriculum. In C. Seefeldt (Ed.), *The early childhood curriculum: A review of current research* (3rd ed.). New York: Teachers College Press.
- **New, R. (1999b).** Playing fair and square: Issues in equity in early childhood mathematics, science, and technology. In *Dialogue on early childhood science, mathematics, and technology education*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science. Available at <http://www.project2061.org/publications/earlychild/online/fostering/new.htm>
- **New, R., Mardell, B., & Robinson, D. (2005).** Early childhood education as risky business: Going beyond what's "safe" to discovering what's possible. *Early Childhood Research & Practice*, 7(2). Retrieved August 29, 2007, from <http://ecrp.uiuc.edu/v7n2/new.html>
- **Ninin, G. (1989).** *Logo I Geometria*. São Paulo: McGraw-Hill.
- **Nisbet, J. (1992).** *Aprender e Ensinar a Pensar: uma (re)visão remática*. Inovação, Vol 5 (2), 17-27.

## O

- **Odorico A. (2004).** *Marco Teórico para una Robótica Pedagógica*. Revista de Informática educative y Medios Audiovisuales Vol. 1(3), ISSN 1667-8338, LIE-FI-UBA, AR, 34-46.
- **Odorico, A. (2005a).** *Marco teórico para una robótica pedagógica*. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Año 1, Volumen 1, Número 3. Universidad de Buenos Aires
- **Odorico, A. (2005b).** *La robótica desde una perspectiva pedagógica*. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Año 2, Volumen 2, Número 5. Universidad de Buenos Aires.
- **Odorico, A. et al (2005).** *La robótica: Una visión pedagógica para una tecnología actual*. CACIC 2005: Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 20 de octubre de 2005. Entre Ríos.
- **Odorico, A. et al (2006).** *La robótica: Aspecto clave de la producción moderna vista desde una perspectiva pedagógica*. WICC 2006: Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. 1º de Octubre de 2006. Buenos Aires.
- **Odorico, A. H. (2005).** *La robótica desde una perspectiva pedagógica*. Revista de Informática

Educativa y Medios Audiovisuales, 2 (5), pp. 33-48.  
<http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/020205/A4ago2005.pdf>.

- **Oliveira, D. (2013).** *A robótica educativa no ensino e aprendizagem de conceitos de programação e algoritmos.* (Relatório da Prática de Ensino Supervisionada do Mestrado em Ensino de Informática apresentada ao Instituto de Educação da Universidade de Lisboa). Lisboa: Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10451/9892>
- **Oliveira, D.; Ferreira, S. & Celestino, H.; Ferreira, S. & Abrantes, P. (2012).** *Uma proposta de ensino-aprendizagem de programação utilizando robótica educativa e storytelling.* Artigo apresentados no II Congresso Internacional – TIC e Educação. Lisboa, Portugal.
- **Oliveira, J. (2008).** *Robótica como interface da tomada de consciência da ação e do conhecimento do objeto, através de metacognição como propulsora da produção do conhecimento.* Tese Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- **Oliveira, J. A. C. (2004).** *Robótica e educação: aproximações piagetianas numa tese de doutorado.* XI Seminário Internacional de Educação Tecnológica. Novo Hamburgo-RS. 2004.
- **Oliveira, R. (1997).** *Informática Educativa: Dos planos e discursos à sala de aula.* Campinas: Papirus.
- **Oliveira, R. (2007).** *A Robótica na Aprendizagem da matemática: Um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade.* Dissertação de Tese de mestrado. Universidade da Madeira.
- **Oliveira, R.; Fernandes, E. & Fermé, E. (2008).** *Proporcionalidade directa como função: Da perfeição à realidade a bordo de um robot.* Quadrante. Lisboa: Associação de Professores de Matemática.
- **Oliveira, R.; Fernandes, E. & Fermé, E. (2009).** *The robot race: Understanding proportionality as a function with robots in mathematics class.* In Proceedings of CERME 6 – Sixth Conference of European Research in Mathematics Education. Lyon, France.
- **Orey, M. A. (1991).** *Using Intelligent Tutoring Design Principles to Integrate Cognitive Theory into Computer-Based Instruction.* Proceedings of Selected Research Presentations at the Annual Convention of the Association for Educational Communications and Technology.

## P

- **Paloff, R. e Pratt, K. (2002).** *Beyond the Looking Glass: What Faculty and Students Need to Be Successful Online.* Handbook of Online Learning, 171-185.
- **Papert S. (1991).** *Ensinar crianças a serem matemáticos versus ensinar Matemática.* J. P.

Ponte (org.). O computador na educação Matemática. Lisboa: APM.

- **Papert, S. (1980)** *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. 2nd Edition. New York: Basic Books.
- **Papert, S. (1985)**. *LOGO: Computadores e Educação*. S. Paulo: Editora Brasiliense.
- **Papert, S. (1986)**. *Logo: Computadores e Educação*. 2.<sup>a</sup> edição. São Paulo: Brasiliense.
- **Papert, S. (1987)**. Information technology and education: Computer criticism vs technocentric thinking. *Educational Researcher*, 16(1), 22-30.
- **Papert, S. (1988)**. *The conservation of Piaget: The computer as a grist to the constructivist mill*. In George Forman e Peter Pufall (eds.). *Constructivism in the Computer Age*, pp. 3-13. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- **Papert, S. (1990)**. "Introduction". Idit Harel (Ed.), *Constructionist Learning*. Cambridge, MA: MIT Media Laboratory, 3 p.
- **Papert, S. (1991)**. *Situating constructionism*. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- **Papert, S. (1993)**. *A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- **Papert, S. (1994)**. *A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática*. ArtesMédicas.
- **Papert, S. (1997)**. *A Família em Rede*. Lisboa: Relógio d' Água.
- **Papert, S. (1999)**. *Papert on Piaget*. *Time*, 153, 105. (Special issue on "The Century's Greatest Minds.")
- **Papert, S. (2000)**. *Change and resistance to change in education. Taking a deeper look at why School hasn't changed*. In A. C. e. a. (eds) (Ed.), *Novo conhecimento Nova aprendizagem* . Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 61-70.
- **Papert, S. (2000)**. *What's big idea? Towards a pedagogy of idea power*. *IBM Systems Journal*, 39(3-4), 720-729.
- **Papert, S., & Resnick, M. (1996)**. *Paper presented at Rescuing the powerful ideas*, an NSF-sponsored symposium at MIT, Cambridge, MA.
- **Parkinson, E. (1999)**. *Re-constructing the construction kit – R-constructing childhood: A synthesis of the influences which have helped to give shape and form to kit-based construction activities in the primary school classroom*. *International Journal of Technology and design Education*, 9, 173-194.
- **Pereira, D. C. (1993)**. *A Tecnologia e a mudança desejável do sistema educativo*. Revista

Portuguesa de Educação. Vol 6 (3), 19-36.

- **Perkins, D. (1986).** *Knowledge as design*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- **Perkins, D. (2006).** *Hacia una cultura de pensamiento*. Conferencia, Buenos Aires Argentina  
Julho 2006) em  
[http://www.llibro.com.ar/32feria/educativas/html/archivo/conferencias/perkins\\_david.html](http://www.llibro.com.ar/32feria/educativas/html/archivo/conferencias/perkins_david.html).
- **Perkins, D. N. (1991).** *Technology Meets Constructivism: Do They Make a Marriage?* *Educational Technology*. Vol 31 (5), 18-23.
- **Perkins, D. N. (1991<sup>a</sup>).** Technology Meets Constructivism: Do They Marriage?. *Educational Technology*. Vol 31, nº 5, 18-23.
- **Perkins, D. N. (1991<sup>b</sup>).** What Constructivism Demands of the Educational Technology. Vol 31, nº 9, 19-21.
- **Perkins, D. N. (1992).** *What Constructivism Demands of the Learner*. In Thomas Duffy & David Jonassen (Eds). *Constructivism and the Technology of Instruction: a conversation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 161-166.
- **Perkins, D. N., & Unger, C. (1999).** *Teaching and learning for understanding*. In C. M Reigeluth (Eds.), *Instructional-design theories and models: a new paradigm of instructional theory*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 91-114
- **Petre, M. e Price, B. (2004).** *Using Robotics to Motivate "Back Door" Learning*. *Education and Information Technologies*, 9(2): 147-158. <http://mcs.open.ac.uk/bp5/papers/2004-eit/2004-EIT-Robotics-Backdoor.pdf>
- **Phillips, E. e Pugh D. S. (1998).** *Como Preparar um Mestrado ou Doutorado*. Mem-Martins: Edições Lyon.
- **Piaget, J. (1950).** *The psychology of intelligence*. London: Routledge & Kegan Paul.
- **Piaget, J. (1952).** *The origin of intelligence in children*. New York: Basic Books.
- **Piaget, J. (1971).** *The theory of stages in cognitive development*. In D. R. Green (Ed.), *Measurement and Piaget* ((pp.1-11). New York: McGraw.
- **Piaget, J. (1975).** *L'équilibration des structures cognitives: problème central du développement*, Presses Universitaires de France, Paris. English version: "The equilibration of cognitive structures: the central problem of intellectual development", ASIN 0226667812, University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 1985. Portuguese version: "O Desenvolvimento do Pensamento – Equilibração das Estruturas Cognitivas", Dom Quixote, Lisbon, 1977.
- **Pinilla, A. (2015).** *Diseño e implementación de unidad didáctica basada en robótica educativa*,

*herramienta para el fortalecimiento de habilidades de la creatividad en estudiantes del I.E.D.*

Eduardo Umaña Mendoza. Tese de Mestrado em Educação. Facultad de Educación. Universidad Distrital de Francisco José Caldas. Colombia.

- **Pintrich, P. (2006).** *Motivación en contextos educativos*: Madrid: Pearson
- **Polya, G. (1965).** *Mathematical discovery, Volume II: On understanding, learning and teaching problem solving*. New York: Wiley.
- **Polya, G. (1990).** *Mathematics and plausible reasoning, Volume I: Induction and analogy in mathematics*. New Jersey: Princeton University Press. [Edição Original: (1954)].
- **Polya, G. (2003).** *Como resolver problemas*. Lisboa: Gradiva. [Edição Original: (1945) *How to solve It – A new aspect of mathematical method*, Estados Unidos: Princeton University Press].
- **Pombo, O. (1993).** *A interdisciplinaridade como problema epistemológico e exigência curricular*. Em Revista Inovação, vol.6, n.º 2, 173-180.
- **Ponce, R. (2006).** *A implantação da Robótica Pedagógica na APMI – Guarda Mirim de Londrina*. Universidade Estadual de Londrina. Londrina – PR. Monografia do Curso de pós-graduação.
- **Ponte J. e Serrazina M. (2000).** *Didáctica da Matemática do 1º ciclo*. Lisboa: Universidade Aberta.
- **Ponte J. P. (1988).** *O computador um instrumento da educação*. Lisboa: Texto Editora.
- **Ponte J. P. (1994).** *Matemática: Uma disciplina condenada ao insucesso?* NOESIS n.º 31, pp. 24-26. Instituto de Inovação Educacional.
- **Ponte J. P. (1994).** *O estudo de caso na investigação em educação matemática*. Quadrante (p. 3-18).
- **Ponte J. P. (1994).** *O Projecto Minerva – Introduzindo as NTI na Educação em Portugal*. DEPGEF.
- **Ponte J. P. (1997).** *As novas tecnologias e a educação*. Lisboa: Texto Editora.
- **Ponte J. P. (2002).** *Investigação sobre investigações matemáticas em Portugal*. Centro de Investigação em Educação. DEFCUL
- **Ponte J. P., Ferreira, C., Varandas J. M., Brunheira, L. e Oliveira, H. (2000).** *A relação Professor-Aluno na realização de investigações matemáticas*. Lisboa: APM.
- **Ponte J. P., Matos, J. M. e Abrantes, P. (1998).** *Investigação em Educação Matemática: implicações curriculares*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- **Ponte J. P., Matos, J. M., Guimarães H. M., Leal L. C. e Canavarro, A. P. (1991).** *O processo de experimentação dos novos programas de matemática: Um estudo de caso*. Lisboa: Instituto

de Inovação Educacional.

- **Ponte J. P., Matos, J. M., Guimarães H. M., Leal L. C. e Canavarro, A. P. (1991).** *O processo de experimentação dos novos programas de matemática: Um estudo de caso.* Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- **Ponte J., Costa C., Rosendo A., Maia E., Figueiredo N. e Dionísio A. (2002).** *Atividades de investigação na aprendizagem da matemática e na formação de professores.* Lisboa: SEM-SPCE
- **Ponte, J. P. (2006).** *Estudos de caso em educação matemática.* Bolema, 25, 105-132.
- **Ponte, J. P., & Canavarro, P. (1997).** *Matemática e novas tecnologias.* Lisboa: Universidade Aberta.
- **Portsmore, M. (1999).** ROBOLAB: Intuitive robotic programming software to suport life long learning. *Apple Learning Technology Review* pp. 26-39.
- **Portsmore, M.; Cyr, M.; Rogers, C. (2001).** Integrating the Internet, LabView, and Lego Bricks into Modular Data Acquisition and Analysis Software for K-College. *Computers in Education Journal*, 11(2)
- **Posamentier, A. S. e Krulik, S. (1998).** *Problem-solving strategies for efficient and elegant solutions - A resource for the mathematics teacher.* Thousand Oaks: Corwin Press.
- **Pozo, J. I. (2000).** *Aprendizes e Mestres: A nova cultura da aprendizagem.* Porto Alegre, Brasil: Artmed.
- **Pozo, J.I. (1994).** *Teorias Cognitivas del Aprendizaje.* Madrid: Morata.
- **Prensky, M. (2001).** *Digital natives, digital immigrants.* *On the Horizon* (Nebraska: NBC University Press) 9(5).

## Q

- **Quevedo, R., Bouchan, M., & Martínez, P. (2008).** *Un ambiente de aprendizaje con la robotica pedagógica para embalaje.*  
<http://148.204.73.101:8008/jspui/handle/123456789/388>.

## R

- **Ramos, A. (2005).** *Crianças, Tecnologias e Aprendizagem: contributo para uma teoria substantiva.* Dissertação de Doutoramento: Universidade do Minho, Braga
- **Reigeluth, C. (1991).** *Reflections on The Implications of Constructivism for Educational*

*Technology. Educational Technology, Vol 31 (9), 34-37.*

- **Resende, M. J. (2009).** *Plataforma Robótica para Promover o Turn-Taking em Jovens com Necessidades Educativas Especiais.*  
<http://intranet.dei.uminho.pt/gdmi/galeria/temas/pdf/42982.pdf>
- **Resnick, M. (1994).** *Turtle, termites, and traffic jams: Explorations in massively parallel microworlds.* Cambridge, MA: MIT Press.
- **Resnick, M. (1998).** Technologies for lifelong kindergarten. *Educational Technology Research & Development, 46(4)*, 43-55.
- **Resnick, M. (2006).** Computer as paintbrush: Technology, play, and the creative society. In D. Singer, R. M. Gollinkoff, & K. Hirsh-Pasek (Eds.), *Play = learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth* (pp. 192-208). Oxford University Press.
- **Resnick, M. & Ocko, S. (1991).** *Lego/Logo Learning Through and About Design.* In Papert S, Harel I. (ed.) *Constructionism*, pp.141-150. Ablex Publishing Corporation, US.
- **Resnick, M., Berg, R., & Eisenber, M. (2000).** Beyond black boxes: Bringing transparency and aesthetics back to scientific investigation. *Journal of the Learning Science, 9(1)*, 7-30.
- **Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., & Silverman, B. (1998).** Digital manipulatives. In *Proceedings of the CHI '98 conference*, Los Angeles.
- **Resnick, M., Martin, F., Sargent, R., & Silverman, B. (1996).** *Programmable bricks: Toys to think with.* *IBM Systems Journal, 35(3-4)*, 443-452.
- **Resnick, M., Ocko, S., & Papert, S. (1998).** LEGO, Logo, and design. *Children's Environments Quarterly, 5(4)*, 14-18.
- **Resnick, M.; Bruckman, A.; Martin, F. (1996).** *Pianos not stereos: Creating Computational construction kits.* *Interactions, 3(6)*, 41-50
- **Ribeiro, C, Coutinho, C., & Costa, M. (2011)** *Robowiki: Um recurso para a robótica educativa em língua portuguesa.* VII Conferência Internacional de TIC na Educação, 1499-1514.  
<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/12821/1/216C%C3%A9lia.pdf>.
- **Ribeiro, C; Coutinho, C. & Costa, M. (2011a).** A Robótica Educativa como Ferramenta Pedagógica na Resolução de Problemas de Matemática no Ensino Básico. *Sistemas e Tecnologias de Informação*, pp. 440-445. Acedido a 15 de fevereiro de 2014 em:  
<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/12920>.
- **Ribeiro, C. (2006).** *RobôCarochinha: Um Estudo Qualitativo sobre a Robótica Educativa no 1º ciclo do Ensino Básico.* Tese de Mestrado. Braga: Instituto de Educação e Psicologia da

Universidade do Minho.

- **Ribeiro, C., Coutinho, C., & Costa, F. (2007).** *RobôCarochinha: um estudo sobre robótica educativa no ensino básico*. V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, pp. 210-223. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6516/1/109.pdf>.
- **Ribeiro, C., Coutinho, C., & Costa, F. (2009).** O papel interdisciplinar da robótica nos contos infantis. VI Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, pp. 179-191. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/9439/1/robotica.pdf>
- **Rinaldi, & M. Krechevsky (Eds.),** *Making learning visible: Children as individual and group learners* (pp. 78-89). Reggio Emilia, Italy: Reggio Children.
- **Rinaldi, C. (1998).** Projected curriculum constructed through documentation-Progettazione: An interview with Lella Gandini. In C. Edwards, L. Gandini, & G. Forman (eds). *The hundred languages of children: The Reggio Emilia approach – advanced reflections* (2nd ed., pp. 113-126). Greenwich, CT: Ablex.
- **Rinaldi, C. (2001).** *Documentation and assessment: What is the relationship?* In C. Giudici, C.
- **Rogers, C., & Portsmore, M. (2001).** *Data acquisition in the dorm room: Teaching experimentation techniques using LEGO Materials*. In *Proceedings of the 2001 American Society of Engineering Education Annual Conference and Exhibition, Albuquerque, NM*. Washington, DC: American Society of Engineering Education.
- **Rogers, C.; Portsmore, M. (2004).** *Bringing Engineering to Elementary School Journal of STEM Education*, 5(3,4)
- **Rogoff, B. (1990).** *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. New York: Oxford University Press.
- **Rogoff, B. (2003).** *The cultural nature of human development*. New York: Oxford University Press.
- **Ruiz-Velasco, E. (1998).** *Robótica pedagógica*. Sociedad Mexicana de Computación en la Educación. México.
- **Ruiz-Velasco, E. (2007).** *Educatrónica: Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Mexico: Ediciones Dias de Santos.

- **Santos, C. (2015).** *Enquadramento de atividades de programação com robôs de solo na educação pré-escolar.* Tese de Doutorado em Ciências da Educação. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- **Santos, C. F., & Menezes, C. S. (2005).** *A aprendizagem da física no ensino fundamental em um ambiente de robótica educacional.* In XI Workshop de Informática na Escola do XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (pp. 2746-2753). <http://ceie-sbc.educacao.ws/pub/index.php/wie/article/download/856/842>
- **Santos, E; Fermé, E. & Fernandes, E. (2006).** *Droide Virtual: Utilização de robôs na Aprendizagem Colaborativa da Programação através da Web.* [http://dme.uma.pt/projects/droide/portal/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=7&Itemid=21](http://dme.uma.pt/projects/droide/portal/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=7&Itemid=21)
- **Santos, M. (2006).** *Avaliação do uso de realidade virtual na robótica.* Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciência da Computação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- **Santos, M. (2006).** *Roboeduc: Um software para ensino da robótica para crianças digitalmente excluídas utilizando protótipos lego.* Monografia de Graduação do DCA-UFRN, Natal, RN, Brasil.
- **Santos, M. (2012).** *Relatório da Prática de Ensino Supervisionada. A Robótica Educativa aplicada na consolidação de conhecimentos na disciplina de Linguagens de Programação.* Tese de Mestrado em Ensino de Informática. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- **Santos, M., & Matos, J. F. (2008).** *The Role Of Artefacts In Mathematical Thinking: A Situated Learning Perspective.* In A. Watson, & P. Winbourne (Eds.), *New Directions for Situated Cognition in Mathematics Education* (pp.179-204). US: Springer
- **Savery, J. R. & Duffy, T.M. (1996).** *Problem based Learning: An Instructional Model and its Constructivist Framework.* In B. G. Wilson (Ed) *Constructivist Learning Environments.* Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications. Pp. 141-167.
- **Schank, R.; Berman, T. & Macpherson, K. (1999).** *Learning by Doing.* In C. Reigeluth (Ed) *Instructional design Theories and Models. Vol II.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Pub. 161-182.
- **Schons, C.; Primaz, É.; Wirth, G. & Pozo, A. (2004).** *Introdução a robótica educativa na instituição escolar para alunos do ensino fundamental da disciplina de língua espanhola através das novas tecnologias de aprendizagem.* <http://inf.unisul.br/~ines/workcomp/cd/pdfs/2217.pdf>.
- **Schrock, S. A. (1991).** *A brief history of Instructional Development.* In G. Anglin (Ed).

*Instructional Technology: past, present and future. Englewood: Libraries Unlimited. 11-18.*

- **Seels, B.; Berry, L.; Fullerton, K.; Horn, L. (1996).** *Research on Learning from technology.* In D. Jonassen (Ed) Handbook of Research for educational Communications and Technology. New York: Macmillan USA:
- **Segurado M. I. (1997).** *A investigação como parte da experiência matemática dos alunos do 2º ciclo.* Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa.
- **Senechal, M., & LeFevre, J. (2002).** Parental involvement in the development of children's reading skill: A five-year longitudinal study. *Child Development*, 73(2), 445-460.
- **Silva, A. F. (2009).** *RoboEduc: Uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional.* Dissertação de doutoramento em Engenharia Elétrica (Engenharia da Computação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Centro de Tecnologia. Natal, RN.
- **Silva, A.; Akynara et al (2006).** *RoboEduc: A Software for Teaching Robotics to Technological Excluded Children Using LEGO Prototypes.* In: IEEE LATIN AMERICAN ROBOTICS SYMPOSIUM – LARS, 3., Santiago, Chile. Abstracts...Santiago, Chile: Universidad de Chile, 10/2006.
- **Silva, B. e Silva, A. (2002).** *Programa Nónio Século XXI: O desenvolvimento dos projectos das escolas do centro de Competência da Universidade do Minho.* Braga: UM/IEP. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/475/1/BentoDSilva.pdf>.
- **Silva, E. e Menezes, E. (2001).** *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação (3ªed.)* <http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia%20da%20Pesquisa%203a%20edicao.pdf>.
- **Silva, J. (2007).** *Robótica no Ensino da Física.* Dissertação de Mestrado. Braga: Escola de Ciências da Universidade do Minho.
- **Silva, J. (2008).** *Robótica no ensino da física.* Dissertação de Mestrado em Ensino da Física. Universidade do Minho. Escola de Ciências. Braga: Universidade do Minho.
- **Silva, J. P. A. (2006).** *Energia Eléctrica fornecida por um Painel Fotovoltaico: actividade laboratorial virtual.* Braga: Universidade do Minho. Tese de Dissertação de Mestrado.
- **Silva, P. (2007).** *Robótica Institucionalista: As ciências do artificial como ciências do humano.* Tese de doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa. Lisboa.
- **Siqueira, L. & Alcântara, P. (2003).** *Modificando a atuação docente utilizando a colaboração.* Revista Duálogo Educacional, Curitiba, v. 4, n.8, p. 57-69.
- **Skinner, B. (1958).** *Teaching Machines.* *Science*, 128, 969-977
- **Skinner, B. (1968).** *The Technology of Teaching.* New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- **Slavin, R. (1983).** *When does cooperative learning increase student achievement?* *Psychological Bulletin*, 94 (3), 429-445.

- **Snow, R.E., Lohman, D. (1984).** Toward a Theory of Cognitive Aptitude for Learning from Instruction. *Journal of Educational Psychology*, 76(3), 347-377
- **Solé, I. & Coll, C. (2001).** *Os professores e a concepção construtivista*. In Coll, C. et al (Eds.). *O construtivismo na sala de aula. Novas perspectivas para a acção pedagógica*. Porto: Edições Asa, 8-27.
- **Spiro, R., & Jehng, J. (1990).** *Cognitive Flexibility and Hypertext: Theory and Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter*. In D. Nix & R. Spiro (eds.), *Cognition, Education and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, (pp. 163-205).
- **Spiro, R., Feltovitch P., Jacobson M. & Coulson R. (1992).** *Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced Knowledge acquisition in ill-structured domains*. *Educational Technology*, XXXI, 5, 24-33.
- **Spiro, R.; Feltovich, P.; Jacobson, M.; Coulson, R.M. (1992b),** *Knowledge Representation, Content Specification and the Development of Skill in Situation Specific Knowledge Assembly: Some Constructivist Issues as They Relate to Cognitive Flexibility and Hypertext*. In T. DUFFY & D. JONASSEN (Eds) *Constructivism and the Technology of Instruction: a Conversation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. pp.121-128. [41]
- **Stahl, S. A. (2002).** *Different strokes for different folks?* In L. Abbeduto (Ed.), *Taking sides: Clashing on controversial issues in educational psychology* (pp. 98-107). Guilford, CT, USA: McGraw-Hill.
- **Steffen, H. H. (2002).** *Robótica Pedagógica na Educação: Um recurso de comunicação e regulação e cognição*. São Paulo – SP. Dissertação de mestrado em Comunicação – Escola de Comunicação e Artes. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP.
- **Subrahmanyam, K., Greenfield, P., Kraut, R., & Gross, E. (2001).** *The impact of computer use on children's and adolescents' development*. *Applied Developmental Psychology*, 22, 7-30.
- **Super, C., & Harkness, S. (1986).** The developmental niche: A conceptualization at the interface of child and culture. *International Journal of Behavioral Development*, 9, 545-569.

## T

- **Tchudi, S. N. & Huerta, M. C. (1983).** *Teaching Writing in the content areas: Middle school junior high*. Washington, DC: National Education Association.
- **Teale, W- H- (1984).** *Reading to young children: Its significance for literacy development*. In H.

Goelman, A. Oberg, & F Smith (Eds.), *Awakening to literacy* (pp.110-121). Portsmouth, NH: Heinemann Educational Books

- **Teixeira, J. (2006).** *Aplicações da Robótica no Ensino Secundário: o Sistema Lego Mindstorms e a Física*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
- **Tennyson, R. (1990).** *A Proposed Paradigm of Learning for Educational Technology*. *Educational Technology*, 30 (6), 16-19
- **Tesch R. (1990).** *Qualitative research: Analysis types and software tools*. New York: Falmer.
- **Thompson, A.; Simonson, M.; Hargrave, C. (1996).** *Educational Technology: a review of research*. Washington DC: AECT Publications.
- **Tobin, J., Wu, D. Y., & Davidson. D. H. (1989).** *Preschool in three cultures*. New Haven, CT: Yale University Press.
- **Torcato, P. (2012).** O Robô Ajuda? Estudo do impacto do uso de robótica Educativa como estratégia de aprendizagem na disciplina de Aplicações Informáticas B. In *Atas – II Congresso Internacional TIC e Educação (ticEDUCA2012)*. Instituto de Educação Da Universidade de Lisboa.
- **Torres, B. (1999).** Um Contributo Hipermedia para o Processo de Alfabetização Visual. Tese de Mestrado. Universidade do Minho.
- **Turbak, F., & Berg, R. (2002).** *Robotic design studio: Exploring the big ideas of engineering in a liberal arts environment*. *Journal of Science Education and Technology*, 11(3), 237-253.
- **Turiel, E. (1999).** *Conflict, social development, and cultural change*. In E. Turiel (Ed.), *Development and cultural change: Reciprocal processes. New directions for child and adolescent development, No 83* (pp.77-92). San Francisco: Jossey-Bass.
- **Turkle, S. (1984).** *The second self: Computers and the human spirit*. New York: Simon & Schuster.
- **Turkle, S. (1995).** *Life on the screen: Identity in the age of the Internet*. New York: Simon & Schuster.
- **Turkle, S. (1997).** A Vida no Ecrã edição portuguesa. Lisboa: Relógio d'Água.
- **Turkle, S., & Papert, S. (1992).** Epistemological pluralism and the revaluation of the concrete. *Journal of Mathematical Behavior*, 11(1), 3-33.

V

- **Vale I., Serrazina, L. Fonseca, H. e Pimentel T. (2002).** Investigações matemáticas e

profissionais na formação de professores. In J. P. Ponte, C. Costa, A. Rosendo, E. Maia, N. Figueiredo e A. Dionísio (Eds), *Actividades de investigação na aprendizagem da matemática e na formação de professores*. (pp. 41-58) Lisboa: SEM-SPCE

- **Vale, I. (1993).** *Concepções e práticas de jovens professores perante a resolução de problemas de matemática: um estudo longitudinal de dois casos*. Lisboa. APM.
- **Vale, I. (2000).** *Didáctica da Matemática e Formação Inicial de Professores num Contexto de Resolução de Problemas e de Materiais Manipuláveis*. Universidade de Aveiro.
- **Vale, I. (2004).** *Algumas notas sobre Investigação Qualitativa em Educação Matemática, O Estudo de Caso*. In Vale, I., Portela J., e Subtil J., *Revista da Escola Superior de Educação*. (pp. 171-202). Escola Superior de Educação de Viana do Castelo, 5º Volume.
- **Vale, I. e Pimentel, T. (2004).** *Resolução de Problemas*. Em P. Palhares (Org.), *Elementos de Matemática para professores do Ensino Básico* (pp. 7-52). Lisboa: Lidel.
- **Vale, I., Portela J., e Subtil J. (2004).** *Revista da Escola Superior de Educação*. Escola Superior de Educação de Viana do Castelo. 5º volume.
- **Valente, J. A. (1996).** *O Professor no Ambiente Logo: Formação e Atuação*. NIED – Núcleo de Informática Aplicada à Educação.
- **Valente, J. A. (1996).** *O professor no Ambiente Logo: formação e atuação*. Campinas, SP: UNICAMP/NIED
- **Valente, L. e Osório, A. (2007).** *Recursos online facilitadores da integração das TIC na aprendizagem das crianças*. In Osório, A. e Puga, M. (coords). *As Tecnologias de Informação e Comunicação na Escola*. Vol.2. Braga: UM/Metaforma.
- **Varanda, F. (2012).** *Robótica educativa no ensino de subprogramas*. Tese de mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, Lisboa.
- **Vasconcelos, J. (2013).** *Práticas educativas em contexto de orientação pedagógico-didática. Um estudo de caso com alunos do Clube ESA Robots*. Tese de mestrado II ciclo de estudos em ensino de informática. Centro Regional de Braga. Faculdade de Ciências Sociais. Universidade Católica Portuguesa. Braga
- **Vasconcelos, J. (2013a).** *O Mundo da Robótica Educativa*. In Restivo, F.; Cardoso, S. & Cruz, S. *Atas das II Jornadas de Ensino de Informática, integradas no Congresso Internacional de Ciências Sociais: dos Riscos à Criminalidade*. Braga: Universidade Católica Portuguesa.
- **Veloso E. (2002).** *The Geometer's Sketchpad* (versão 4). *Educação e Matemática*, n.º 66, pp. 20-21.
- **Veloso E., Silva. & Silveira B. (2002).** *Tecnologias na Educação Matemática*. *Educação e*

Matemática, n.º 70, pp. 5-9.

- **Vignaux, G. (1991).** *As Ciências Cognitivas*. (Trad Portuguesa). Coleção Horizontes Pedagógicos. Lisboa: Instituto Piaget.
- **Voss, M. (1998).** *The Light at the end of the journal: A teacher learns about teaching*. *Language Arts*, 65(7), 669-694.
- **Vygotsky, L. S. (1998).** A Formação Social da Mente.
- **Vygotsky, L. (1979).** *Pensamento e linguagem*. Lisboa: Antídoto.
- **Vygotsky, L. S: e Luria, A. R. (1993).** *Studies on the History of Behavior – Ape, Primitive and Child*. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- **Vygotsky, L. S. (1962).** *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- **Vygotsky, L. S. (1978).** *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

## W

- **Walden, P. (1998).** *A learning journal as a tool to promote lifelong learning skills*. *Feminist Teacher*, 3(2), 14-17.
- **Wang, L.E. (2004).** *Engineering with Lego Bricks and Robolab – the oficial guide to robolab*. Department of Mechanical Engineering.
- **Wang, X. C., & Ching, C. C. (2003).** *Social construction of computer experience in a first-grade classroom: Social process and mediating artifacts*. *Early Education and Development*, 14(3), 335-361.
- **Wartella, E.A., & Jennings, N. (2000).** *Children and computers: New technology – old concerns*. *The Future of Children and Computer technology*, 10(2), 31-43.
- **Wasserman, E. (2002).** *Why Industry Giants Are Playing with Legos*, *Fortune*, 144(10), 101-106.
- **Weizenbaum, J. (1976).** *Computer power and human reason: From judgment to calculation*. San Francisco: W. H. Freeman.
- **Whiting, B. & Edwards, C. (1988).** *Children of different worlds: The formation of social behavior*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- **Whiting, B., B., & Whiting, J. W. M. (1975).** *Children of six cultures: A psycho-cultural analysis*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- **Wilensky, U. (1991).** *Abstract meditations on the concrete and concrete implications for*

*mathematics education*. In I. Harel & Papert (Eds.), *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex.

- **Wilensky, U. (1999).** *GasLab - An extensible modeling toolkit for exploring micro-and macro-views of gases*. In N. Roberts, W. Feurzeig, & B. Hunter (Eds.), *Computer modeling and simulation in science education*. Berlin: Springer Verlag
- **Winn, W.; Snyder, D. (1996).** *Cognitive Perspectives in Psychology*. In D. Jonassen (Ed) *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*. New York: Macmillan USA. 112-141.
- **Winograd, T., & Flores, F. (1987).** *Understanding computers and cognition: A new foundation for design*. Norwood, NJ: Ablex.
- **Wright, J. L., & Church, M. (1986).** *The evolution of an effective home-school microcomputer connection*. *Education & Computing*, 2, 67-74.

## Y

- **Yin, R. K. (1989).** *Case Study Research - Design and Methods*. Sage Publications Inc., USA, 1989.
- **Yin, R. K. (1994).** *Case Study Research - Design and Methods*. London: Sage Publications.
- **Yinger, R. (1985).** *Journal writing as a learning tool*. *Volta Review*, 87(5), 21-33.
- **Yore, L., Shymansky, J., Henriques, L., Chidsey, J., & Lewis, J. (1997).** *Reading to learn and writing to learn Science activities for the elementar school classroom*. 1997AETS Conference Proceedings. <http://www.ed.psu.edu/ci/Journals/97pap1.htm>

## Z

- **Zilli, S. R. (2004).** *A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Prática*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação de Mestrado).

### Sítios Web usados como fontes

[www.legomindstorms.com](http://www.legomindstorms.com)

<http://mindstorms.lego.com>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Robot>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Mindstorms>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_robot](http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_robot)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo%27s\\_robot](http://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo%27s_robot)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Al-Jazari>

[http://en.wikipedia.org/wiki/FIRST\\_Lego\\_League](http://en.wikipedia.org/wiki/FIRST_Lego_League)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Fischertechnik>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Domestic\\_robot](http://en.wikipedia.org/wiki/Domestic_robot)  
<http://robotics.megagiant.com/history.html>  
<http://www.finns-books.com/auto.htm>  
<http://www.firstlegoleague.org/>  
<http://www.evoluir21.org>  
[http://www.robotics.utexas.edu/rrg/learn\\_more/history](http://www.robotics.utexas.edu/rrg/learn_more/history)  
<http://130.64.87.22/robolabatceeo/>  
<http://microrato.ua.pt>  
<http://robobombeiro.ipg.pt>  
<http://robotica2015.utad.pt/pt-pt/>  
<http://www.firstlegoleague.org/challenge/thechallenge>  
[http://www.firstlegoleagueportugal.org/.](http://www.firstlegoleagueportugal.org/)  
<http://www.parallax.com>  
<http://www.portugal-didactico.com>  
<http://www.robocup.org>  
<http://www.roboparty.uminho.pt/>

## **Lista de Anexos**

### **Anexos Sessões**

Anexo S1

Anexo S1a

Anexo S2

Anexo S2a

Anexo S3

Anexo S4

Anexo S4a

Anexo S4b

Anexo S4c

Anexo S5

Anexo S5a

Anexo S5b

Anexo S5c

Anexo S5d

Anexo S5e

Anexo S6

Anexo S6a

Anexo S6b

Anexo S7

Anexo S7a

## **Anexos Testes**

Anexo T0

Anexo T1

Anexo T2

Anexo T3

Anexo T4

## **Anexos Questionários**

Anexo Q1.

Anexo Q2

Anexo Q3

Anexo Q4

Anexo Q5

Anexo Q6

Anexo Q7

Anexo Q8

## **Outros instrumentos**

Anexo A1

Anexo I1

Anexo I2

Anexo I3

Anexo I4

Anexo I5

Anexo I6

Anexo I7

Anexo I8

Anexo I9