



Universidade de
Aveiro
2012

Departamento de Comunicação e Arte

CARLOS MANUEL **MINDSTORMS NA APRENDIZAGEM DA**
RODRIGUES DE **ALGORITMIA E PROGRAMAÇÃO**
ALMEIDA



Universidade de
Aveiro
2012

Departamento de Comunicação e Arte

CARLOS MANUEL **MINDSTORMS NA APRENDIZAGEM DA**
RODRIGUES DE **ALGORITMIA E PROGRAMAÇÃO**
ALMEIDA

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Comunicação Multimédia, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Maria da Conceição de Oliveira Lopes, professora associada com agregação do departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

O júri

Presidente

Professor Doutor Luís Francisco Mendes Gabriel Pedro

Professor auxiliar no departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

Vogal – Arguente Principal

Professora Doutora Maria João de Miranda Nazaré Loureiro

Professora auxiliar no departamento de Educação da Universidade de Aveiro

Vogal – Orientador

Professora Doutora Maria da Conceição de Oliveira Lopes

Professora associada com agregação do departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

Dedico esta dissertação em especial à minha esposa Helena, às minhas filhas Mariana e Sara, com que tenho uma incomensurável dívida de gratidão, por terem acreditado em mim e pelo incansável e incondicional apoio em todo este período. Obrigado pela paciência, pela compreensão e aceitação das minhas repetidas ausências. Sem elas nada disto seria possível.

À memória da minha querida Mãe, ausente, mas sempre viva no meu coração... ela que me deu à luz e me ajudou a crescer e a amar... ela é a estrela que ilumina a minha vida e também nesta etapa da minha vida...

Agradecimentos

Gostaria de aproveitar este espaço para agradecer a todas as pessoas que deram o seu contributo para a realização desta dissertação:

Em especial, agradeço à minha família pelo carinho e apoio.

À orientadora professora doutora Conceição Lopes que, com inquestionável competência e disponibilidade aceitou orientar este trabalho; pelo incentivo e confiança que me fez sentir, desde os primeiros aos últimos momentos, um agradecimento muito especial.

Para os meus alunos, por terem sido o veículo que me permitiu realizar este trabalho, o meu reconhecimento.

Também um discreto, mas sincero, agradecimento à professora de matemática Sandra Prata cuja contribuição foi inestimável.

À professora Maria José Ribeiro, pelo grande apoio, carinho, sincera amizade, disponibilidade e incentivo.

Aos meus colegas de mestrado, Bárbara Cleto, Carlos Silva e Nuno Barros, companheiros desta caminhada, pelo apoio e força nos momentos mais difíceis, dos quais destaco a entajuda e verdadeira amizade.

A todos os que nomeei, o meu mais profundo apreço, que estendo aqueles que posso ter omitido – cuja compreensão espero e que constitui mais um motivo para lhes estar grato.

Palavras-chave

Comunicação, aprendizagem, mudança, medium, mensagem, LEGO mindstorms.

Resumo

A aprendizagem da algoritmia e programação em geral, e da linguagem C em particular, habitualmente, segue um conjunto de estratégias, cujos efeitos nos estudantes, do curso profissional de técnico de gestão e programação de sistemas informáticos, nem sempre são eficientes nem eficazes. O presente trabalho propõe-se contribuir para a utilização do robô LEGO mindstorms NXT, como medium de comunicação na aprendizagem de algoritmia e da programação; pretende outrossim, promover a comunicação interpessoal e as interações entre os grupos, o estudante e o artefacto LEGO mindstorms, em contexto de formação profissional, por forma a potenciar o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático e entender melhor a influência deste relacionamento nas aprendizagens da programação.

Foram implementadas experiências práticas, utilizando o robô LEGO mindstorms, procurando estimular os estudantes a relacionarem-se entre si, a partilharem experiências/ideias e a construir o conhecimento. O importante não foi o resultado por si só, mas o desenvolvimento de todo o processo comunicativo, influenciado por esta tecnologia e pelas características inerentes ao tipo de mensagem que o medium permite transmitir.

Trata-se de um estudo exploratório e descritivo recorrendo a métodos fundamentalmente qualitativos. Pretende analisar e compreender, com alguma profundidade, a complexidade de todo este processo comunicativo: os efeitos pragmáticos da comunicação humana e a multiplicidade do comportamento, das práticas e das interações entre o estudante e o meio que o rodeia, refletidos num ambiente interacional e de *feedback*.

Keywords

Communication, learning, change, medium, message,
LEGO mindstorms

Abstract

The learning of algorithmic and programming in general, and of the language C in particular, normally follows a group of strategies, whose effects on the students of the professional course of management and systems programming technical, are not always efficacious and efficient. The present work aims to contribute to the use of the robot LEGO mindstorms NXT, as a medium of communication in the learning of the algorithmic and of programming; it intends also to promote the interpersonal communication and the interactions between the groups, the student and the tool LEGO mindstorms in the context of professional formation, in order to provide the development of the logical-mathematics thinking and understand better the influence of this relationship in the learning of programming.

It was implemented a practical experiments, using the robot LEGO mindstorms, trying to stimulate the students to relate to each other, sharing experiences/ideas and building the knowledge. The important was not the result itself, but the development of the whole communication process, influenced by this technology and by the characteristics related to the type of message that the medium allows to transmit.

This is an exploratory and descriptive study using methods mainly qualitative. Intends to analyze and understand, with a certain profundity, the difficulty of whole this communication process: the pragmatic effects of the human communication and the multiplicity of the behavior, of the practices and of the interactions between the student and the environment that surrounds him, reflected in an interactional and feedback environment.

“Deus quer, o Homem sonha, a obra nasce”

(Fernando Pessoa, 1934)

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema do <i>feedback</i> por Joël de Rosnay, concebido por Yves Winkin (Winkin et al., 1981, p. 16).....	32
Figura 2: Ilustração do <i>feedback</i> negativo na perspectiva de Joël de Rosnay, citado por Winkin et al. (1981, p. 35).....	39
Figura 3: Evolução do Bloco LEGO mindstorms	50
Figura 4: Construção Robô LEGO mindstorms Education NXT 2.0.....	50
Figura 5: Componentes LEGO mindstorms NXT 2.0.....	51
Figura 6: Fatores de Insucesso Escolar na Opinião dos Estudantes.....	58
Figura 7: Modelo matricial do processo de comunicação.....	64
Figura 8: Modelo de ensino experiencial, elaborado por Laura Joplin	72
Figura 9: Dimensões do modelo ARCS	74
Figura 10: “Robot Educator” - modelo base utilizado nas experiências.....	77
Figura 11: Pista fechada utilizada nas experiências	80
Figura 12: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 5 do questionário.....	96
Figura 13: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 8 do questionário.....	97
Figura 14: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 10 do questionário.....	97
Figura 15: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 2 do questionário.....	105
Figura 16: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 3 do questionário.....	105
Figura 17: Relação das opiniões dos estudantes, da afirmação 3 e com a afirmação 2 do questionário	106
Figura 18: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 1 do questionário.....	115
Figura 19: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 7 do questionário.....	115
Figura 20: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 4 do questionário.....	123
Figura 21: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 6 do questionário.....	130
Figura 22: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 9 do questionário.....	130
Figura 23: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 11 do questionário.....	131

Índice de Tabelas

Tabela I: Elenco modular, da disciplina de PSI, no 10º ano (ANQ, 2005, p. 6).....	56
Tabela II: Experiencias realizadas – visão global de cada sessão	78

Abreviaturas

GPSI Gestão e Programação de Sistemas Informáticos

PSI Programação e Sistemas de Informação

TIC Tecnologias da Informação e Comunicação

ESEN Escola Secundária de Emídio Navarro

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	1
Motivações pessoais.....	2
Problemática e problema	4
Finalidade e objetivos.....	7
Estado da arte.....	7
Questão de investigação.....	10
PRIMEIRA PARTE: ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	11
INTRODUÇÃO.....	11
CAPÍTULO 1. A COMUNICAÇÃO HUMANA	12
1.1. O homem das multidões e o público	12
1.2. O processo da comunicação, aprendizagem e mudança.....	14
1.2.1. Abordagem ao conceito de comunicação	14
1.2.2. Abordagem ao processo da comunicação	15
1.2.3. Comunicação-aprendizagem-mudança.....	18
1.2.3.1. Os níveis lógicos da aprendizagem	21
i. Aprendizagem de nível 0	23
ii. Aprendizagem de nível I	23
iii. Aprendizagem de nível II	25
iv. Aprendizagem de nível III	25
1.2.3.2. Natureza da aprendizagem	26
1.2.3.3. Tipologia da mudança	27
i. Mudança progressiva	27
ii. Mudança adaptativa.....	29
1.3. Abordagem à teoria orquestral da comunicação.....	31
1.3.1. Premissas e conceito de comunicação na teoria orquestral da comunicação.....	31
1.3.2. Axiomática da comunicação orquestral	34
i. A impossibilidade de não comunicar.....	35
ii. O conteúdo e níveis de relação da comunicação	35

iii. A pontuação da sequência dos factos na interação	36
iv. As modalidades da comunicação digital e analógica ..	37
v. A natureza da relação: interação simétrica e complementar	38
1.3.2.1. O desenvolvimento da teoria orquestral da comunicação	39
vi. O axioma da metacomunicação	39
vii. O axioma medium-mensagem	41
1.4. A utilização dos dispositivos tecnológicos de comunicação e informação no processo de ensino-aprendizagem	43
1.4.1. A tecnologia nas estratégias de aprendizagem-ensino	43
1.4.2. A perspectiva de Papert: Perspetivas pedagógicas no processo de ensino-aprendizagem	45
1.5. O LEGO mindstorms como medium e no ensino	48
1.5.1. O sistema LEGO mindstorms NXT	49
CONCLUSÃO DA PRIMEIRA PARTE	51
SEGUNDA PARTE: METODOLOGIA	53
CAPÍTULO 2. ESTRATEGIA DE COMUNICAÇÃO E DE APRENDIZAGEM	53
2.1. Apresentação do estudo	53
2.1.1. Finalidade, objetivos e questão de investigação	53
2.1.2. Metodologia adotada	53
2.1.3. Contextualização institucional do estudo	54
2.1.4. Participantes do estudo	57
2.1.4.1. Perfil dos participantes	57
2.1.5. Equipamentos, recursos e espaços essenciais	59
2.1.6. Técnicas e instrumentos de recolha de dados	60
2.1.7. Estratégias de comunicação e de experiência conducentes à recolha de dados	62
2.1.7.1. Processo de comunicação	63
2.1.7.2. Ligação dos axiomas ao processo de comunicação	68
2.1.8. Planificação e descrição das realizações	71
2.1.8.1. Planificação	71

2.1.8.2. Fases do estudo.....	75
2.1.8.3. Descrição das realizações.....	76
2.1.9. Dimensões e codificação dos dados.....	84
2.1.9.1. Definição das dimensões.....	85
CAPÍTULO 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	87
3.1. Dimensão de análise: relações e interações	88
3.2. Dimensão de análise: conexão da comunicação verbal e não-verbal	97
3.3. Dimensão de análise: metacomunicação.....	107
3.4. Dimensão de análise: <i>Feedback</i>	116
3.5. Dimensão de análise: efeitos/resultados do uso do robô LEGO mindstorms na aprendizagem.....	123
CAPÍTULO 4. COMENTÁRIOS FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	131
4.1. Comentários finais.....	131
4.2. Desenvolvimentos futuros	137
4.3. Limitações do estudo	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141
ANEXOS.....	145

INTRODUÇÃO

Os dispositivos de comunicação e informação, geralmente designados por tecnologias da informação e da comunicação (TIC), têm uma grande influência na formação, na transmissão e aquisição do conhecimento, potenciando a comunicação interpessoal numa dinâmica interativa e cooperante. Os jovens estão a crescer num mundo digital com a Internet, num mundo repleto de tecnologia. Esta geração jovem, com habilidades técnicas que cresce num ritmo acelerado, Don Tapscott chama-a de “net generation”: assiste a menos televisão e adora interagir, colaborar, partilhar e realizar multitarefas, desenvolvendo as suas capacidades de análise e de reflexão, (Tapscott, 2009b). No entanto, eles são confrontados, muitas vezes, com situações obsoletas, nas aulas expositivas do professor, ainda com foco na inovação do século XIX: quadro e giz. Assim, somos levados a questionar-nos: queremos, na sala de aula, uma aprendizagem apoiada numa comunicação conservadora e pouco inovadora, ou numa estratégia de aprendizagem que promova um meio de comunicação mais interativo e mediado pela tecnologia? Como pode a tecnologia auxiliar a transmissão e aquisição do conhecimento, contribuindo para a tomada de decisões e para a resolução de novos problemas? Qual o papel alternativo dos meios técnicos na aprendizagem? Quais as suas implicações? Qual o papel da sociedade e da escola no futuro? Será que a geração jovem “net generation”, além de saber usar a tecnologia, também a sabe manipular, num sistema de comunicação essencialmente racional, desenvolvendo as suas habilidades cognitivas?

Como acima referido, a sociedade é confrontada diariamente com mudanças, impostas pela evolução tecnológica e pelo uso de dispositivos no processo de comunicação. Estas mudanças influenciam a forma como os estudantes aprendem e abordam o conhecimento. Compreender e relacionar o processo da comunicação com a aprendizagem e a mudança passou a ser uma meta nas práticas e na formação dos professores.

A comissão europeia (2010) reforça que a utilização das TIC têm um papel importante para que a europa consiga alcançar as suas ambições; sublinha que é necessário investir mais em investigação e desenvolvimento no domínio das TIC. O plano tecnológico da educação definiu a estratégia do governo para a modernização tecnológica do ensino. O professor passa a ter um papel fundamental para a inteligente utilização desta tecnologia. Para tal, é necessário promover a mudança e desenvolver novas estratégias e novos ambientes de comunicação e de aprendizagem, com foco nas interações mediadas e contribuir assim para uma melhor educação.

É essencial desenvolver práticas inovadoras e novas estratégias de comunicação mediadas pela tecnologia, por forma a atender esta nova geração de estudantes e contribuir para uma educação melhor. É importante perceber como os estudantes se

comportam e como se influenciam mutuamente; como ocorrem as aprendizagens e as mudanças, de modo a motivar o estudante e aplicar com eficácia a tecnologia, em particular o medium LEGO mindstorms, na aprendizagem de algoritmia e programação, na disciplina de programação e sistemas de informação (PSI), do curso profissional de técnico de gestão e programação de sistemas informáticos (GPSI).

MOTIVAÇÕES PESSOAIS

A escola é um lugar privilegiado de encontro de culturas onde o bom relacionamento e a articulação entre todos os agentes de educação assumem uma importância primordial; deixou hoje de ser aquela instituição fechada ao meio que a circunda, com o poder absoluto em matéria de educação, para dar lugar a uma escola nova, aberta, onde cabe a todos os intervenientes da comunidade escolar (professores, estudantes, pais, encarregados de educação, pessoal não docente, autarquias, poder local, etc.) assumir a sua cota de responsabilidade em matéria tão importante como é a educação.

Toda esta dinâmica de mudança, destacando a formação dos professores, a implementação dos novos currículos e o novo modelo de avaliação dos estudantes, como é natural, é acompanhada de incertezas, ataques, desabafos e análises que levam a pensar que escola não está bem. Por isso, agora mais que nunca, exige-se do professor uma maior dinâmica, maior criatividade, maior capacidade de intervenção e participação na vida escolar.

O investigador espera que ao longo do seu percurso como professor consiga continuar a manter um diálogo aberto e sincero com os seus estudantes, de maneira a conseguir deixar-lhes não só uma boa formação, mas também boas recordações de carácter mais pessoal.

O empenho ativo, esforço e criatividade são condições indispensáveis para que a função de docente seja exercida no âmbito desta nova experiência e projeto de investigação.

A ideia do professor humanista, enquanto aquele que domina o saber, está hoje irrecuperavelmente perdida. Nos nossos dias, deve o professor ser aquele que ensina a descobrir as informações e ajuda a construir o conhecimento; deve despertar a curiosidade, desenvolver a autonomia, estimular o rigor intelectual e criar as condições necessárias para o sucesso da educação formal e da educação permanentes.

A educação é um sistema social complexo, uma vez que é o motor do desenvolvimento humano. Cabe ao professor esta tarefa no sentido de orientar, informar e educar os jovens de hoje que serão os dirigentes, os investigadores, os educadores do futuro.

No percurso de professor, o investigador tem tido como objetivo principal a motivação dos estudantes para o estudo, o desenvolvimento do seu espírito crítico e científico.

Pensa que além da componente científica, é importante também formar bons cidadãos, competentes e responsáveis do papel que desempenharão mais tarde. Por esta razão deve o docente tentar motivar os estudantes para a escola, incutir neles o desejo de saber e de aprender, desenvolvendo neles o sentido de responsabilidade e de competência - ferramentas que deverão utilizar na sua vida futura.

Assim, em Junho de 2009, o investigador, que exerce atualmente funções docentes na escola secundária de Emídio Navarro (ESEN) de Viseu, acompanhou cinco estudantes a uma oficina de robótica realizada na EXPOTEC - tecnologias e inovação, destinada a estudantes do 10º e 11º anos das escolas da região, promovida pela ESTV/IPV - escola superior de tecnologia de Viseu. Os estudantes tiveram a oportunidade de participar em competições e provas de robótica com os kits educacionais LEGO mindstorms NXT. Esta oficina permitiu-lhes ter o primeiro contacto com a área específica da robótica, assim como lhes deu a oportunidade de conceber e programar robôs capazes de desempenhar funções determinadas. A oficina permitiu também sensibilizar os professores acompanhantes para a robótica como uma ferramenta pedagógica que auxilia a prática de muitos conceitos teóricos estudados na sala de aula, como por exemplo nos conteúdos que se prendem com os de matemática, física e ciências da computação. Consequentemente, o investigador, no papel de diretor de curso, fez a proposta de aquisição dos kits educacionais LEGO mindstorms NXT 9797 e 9648, que foi aceite pela escola. Nasceram assim uma meta e um desafio a alcançar: o investigador pretende conhecer as possibilidades do uso de robôs LEGO mindstorms NXT, como ferramenta mediadora do processo ensino-aprendizagem de algoritmia e de programação.

No quadro da estratégia de Lisboa, o XVII governo constitucional avança com a proposta ambiciosa de colocar Portugal entre os cinco países europeus mais avançados em matéria de modernização tecnológica do ensino em 2010, através do plano tecnológico da educação (PTE). Neste contexto, o ministério da educação, através da direção-geral de inovação e de desenvolvimento curricular, tornou pública a abertura da iniciativa “aprender e inovar com TIC”, que tem como finalidade a promoção da utilização educativa das TIC, com vista à melhoria das aprendizagens do estudante, através da rentabilização dos equipamentos disponíveis nas escolas, (ERTE/PTE, 2010).

O investigador considerou a iniciativa interessante e, em dezembro de 2010, resolveu candidatar-se ao projeto, uma vez que a comunidade de hoje é cada vez mais exigente e influenciada pela comunicação e inovações tecnológicas. Foi criada uma equipa com oito professores das várias áreas disciplinares e sete entidades parceiras, visando a implementação do projeto. Pretendeu-se, com esta iniciativa, promover a utilização do kit LEGO mindstorms, em contexto de sala de aula e em atividades extracurriculares, com vista à melhoria das aprendizagens de algoritmia e programação, matemática, física e do ensino especial. O público-alvo foram os estudantes do profissional, secundário, ensino básico e estudantes com necessidades educativas especiais. Mas,

apesar de todo o esforço da equipa, o projeto não foi escolhido: apenas cem escolas, maioritariamente do ensino básico, foram selecionadas.

O robô LEGO mindstorms tem vindo a ser utilizado no ensino básico e secundário em vários países, com relatos de bons resultados. Assim, o investigador acredita no sucesso da sua utilização no âmbito dos cursos profissionais e a sua integração nas disciplinas de programação. O kit LEGO mindstorms também poderá ser utilizado em atividades interdisciplinares e em projetos extracurriculares realizados na escola, assim como poderá ser útil na preparação e participações do estudante em competições de robótica.

O investigador sente que ser professor constitui uma viagem longa e complexa que provoca desafios e emoções constantes, mas pensa que o fundamental é estarmos recetivos a essas constantes mudanças.

PROBLEMÁTICA E PROBLEMA

Sabemos que, atualmente, o estudante vive num mundo moderno, rodeado de inovações tecnológicas, cuja acelerada mudança é evidente; o estudante passa por mudanças tecnológicas significativas que influenciam a sua maneira de pensar mas também a relação com os outros e a sua interação social. O estudante vive numa aldeia global onde pode usar novos meios técnicos e novas ferramentas, para comunicar, estudar e para se entreter. O correio eletrónico, a Internet, as redes sociais, os *smartphones*, os *tablets*, a televisão, as consolas de jogos e diversos *gadgets*, são dispositivos de comunicação que interferem diariamente nas atividades do estudante. Esta evolução e a disponibilidade das TIC levam o estudante a uma maior exigência nas práticas pedagógicas e a incorporação das ditas no processo educativo. No entanto, a escola atual tem uma estratégia de aprendizagem que geralmente não corresponde às necessidades e expectativas da sociedade e o estudante nem sempre usufrui das potencialidades da tecnologia que lhe permite desenvolver as suas habilidades cognitivas.

Por outro lado, o ensino de iniciação à programação e algoritmia é um processo complexo, que exige ao estudante uma grande diversidade de aptidões e um estudo muito centrado na prática de técnicas de resolução de problemas, (Esteves & Mendes, 2007). A experiência tem demonstrado que a falta de contextualização e a forma expositiva do professor, quando ensina programação, dificultam a aprendizagem e não conseguem levar facilmente a maioria dos estudantes a interessar-se pela disciplina de programação. Geralmente, as turmas dos cursos profissionais são constituídas por um número elevado de estudantes e com níveis de conhecimentos diversificados que implicam, na sala de aula, diferentes ritmos e estilos de aprendizagem; por outro lado, os estudantes revelam muitas dificuldades e alguma desorientação, essencialmente quando se trata em elaborar soluções para novos problemas, bem como compreender

e aplicar conceitos básicos de programação. O elevado nível de abstração e os processos dinâmicos da programação são alguns motivos que podem dificultar o sucesso e a conclusão de diversos módulos da disciplina de introdução à programação. Normalmente, quando o estudante não consegue detetar e corrigir os eventuais erros de um problema, tem tendência a desistir e perder o interesse em aprender; o estudante deixa de treinar e limita-se a programar apenas vendo como se faz, em vez de aprender fazendo. A consciência destas dificuldades levam muitos professores a tentar encontrar estratégias e novos métodos que possam contribuir para a minimização das dificuldades sentidas pelos estudantes e, é nesta perspetiva que o uso dos robôs LEGO mindstorms pode proporcionar novas interações do estudante e uma representação perceptual do algoritmo. Desta forma, é possível melhorar a comunicação humana e a compreensão de como um dado algoritmo funciona.

Segundo Jenkins (2002), a aprendizagem da programação pode ser um processo exigente e complexo, pois não é uma combinação simples de competências. Um bom programador deve apoiar-se numa ligação hierárquica de várias competências e experiências. Não basta o estudante aprender as noções básicas da sintaxe; é necessário também conhecer a semântica, a estrutura e os estilos de programação; do mesmo modo, também não é suficiente que o estudante perceba ou converta algoritmos já feitos para o código-fonte do programa, numa determinada linguagem de programação, pois é necessário também criar algoritmos capazes de resolver problemas concretos. Por outro lado, um programador também deve ser capaz de criar o código-fonte do programa, compilá-lo de forma a encontrar uma possível solução para o problema. O programa produzido deve ser testado e, conseqüentemente, os erros devem ser encontrados e corrigidos. Estas são habitualmente as competências que são abordadas na maioria dos cursos de programação.

Para a maioria dos estudantes, a origem do problema começa na fase inicial da aprendizagem, quando eles têm de compreender e aplicar o elevado nível de abstração envolvido nos conceitos de programação para resolver os problemas, (Gomes & Mendes, 2007). Nesta fase inicial, é necessário desenvolver as competências específicas de programação mas, sobretudo, melhorar e consolidar competências e experiências que deveriam ter sido adquiridas em anos anteriores, como o raciocínio lógico e a resolução genérica de problemas. Jenkins (2002) reforça que a capacidade de resolução de problemas e a compreensão de alguns conceitos subjacentes de matemática são competências essenciais quando o estudante inicia a aprendizagem de uma linguagem de programação.

A consulta das atas das principais conferências mundiais *special interest groups on computer science education* (SIGCSE), patrocinadas pela *association for computer machinery* (ACM), conduz-nos ao reconhecimento que estas dificuldades são comuns a muitas instituições de ensino de vários países, (Mendes, 2001). A percepção destas

dificuldades tem conduzido diversas entidades de ensino de todo o mundo a incentivar os professores para o debate de estratégias e para a partilha de soluções, de forma a minimizar as dificuldades sentidas pela maioria dos estudantes nas aprendizagens de programação.

A universidade de Coimbra fez recentemente um estudo sobre o desempenho dos estudantes do primeiro ano de ciências da computação; o estudo procurou avaliar a relação dos estilos de aprendizagem e dos resultados escolares dos estudantes do curso de programação e de outros cursos do primeiro ano. A maioria dos professores de programação afirma que os estudantes não sabem programar, porque eles desconhecem como devem resolver os novos problemas que lhes são colocados e não têm os requisitos suficientes de cálculos matemáticos, (Gomes & Mendes, 2010); o mesmo acontece com a aprendizagem da programação, em geral, e da linguagem C, em particular.

Habitualmente, os materiais utilizados e as estratégias promovidas na aprendizagem da programação são de natureza estática e pouco adequado aos conceitos dinâmicos de algoritmia e ao elevado nível de abstração, (Mendes, 2001). Também é certo que, cada vez mais, é difícil manter os estudantes motivados na sala de aula. Por outro lado, a maioria dos professores continua a dar aulas expositivas e pouco dinâmicas, dificultando a aprendizagem da programação; o professor apresenta os conceitos teóricos com alguns exemplos e, no final, propõe exercícios para serem resolvidos. Nas aulas, são desenvolvidos programas e apresentadas as sintaxes da linguagem de programação mas, na maioria das vezes, sem qualquer representação visual. Estas estratégias não favorecem a compreensão e assimilação dos conteúdos programáticos da disciplina, dificultando o desenvolvimento do raciocínio lógico essencial para a elaboração dos algoritmos. Os algoritmos e programas computacionais são processos dinâmicos, o que nos leva a sugerir que “os métodos de ensino tradicionais não são os mais adequados às necessidades”, (Esteves & Mendes, 2007, p. 529), porque utilizam essencialmente técnicas estáticas. Em consequência, os professores têm dificuldade em levar a maioria dos estudantes dos cursos Profissionais a interessarem-se pela disciplina. “Neste momento, a principal barreira à utilização de TIC nas escolas é a falta de motivação, e não acesso a equipamentos ou falta de competências.”, (GEPE, 2008, p. 24)

Acresce, mais ainda, à problemática exposta o facto do ministério da educação, no âmbito dos cursos profissionais de técnico de GPSI, definir a seguinte finalidade: O professor “deverá adotar estratégias que motivem o aluno a envolver-se na sua própria aprendizagem e lhe permitam desenvolver a sua autonomia e iniciativa”, (ANQ, 2005, p. 4). Deste modo, o professor deve adequar e diferenciar as estratégias de ensino, estimulando o desenvolvimento global do estudante nas áreas cognitiva, afetiva, relacional, social e psicomotor.

Neste sentido, considerando a finalidade do curso profissional anteriormente referido, o programa da disciplina de PSI, as dificuldades de aprendizagem de técnicas de programação, nomeadamente algoritmia, e o desenvolvimento dos sistemas informáticos, indispensáveis à aquisição de competência profissionais nesta área, decidiu-se eleger como objeto de estudo da dissertação que se apresenta, o processo de aprendizagem dos estudantes da disciplina de PSI.

FINALIDADE E OBJETIVOS

De acordo com as motivações pessoais, a problemática, o problema e o estado da arte, a dissertação que se apresenta está focalizada na promoção e desenvolvimento da utilização do robô LEGO mindstorms NXT, como medium de comunicação, na aprendizagem de algoritmia e de programação.

Assim sendo, pretende-se dar um contributo para a melhoria do processo da aprendizagem dos estudantes da disciplina de PSI, do curso profissional técnico de GPSI, e também dar um contributo para a melhoria da prática docente, nomeadamente no ensino-aprendizagem de algoritmia no mesmo curso profissional. Deste modo, através de um estudo qualitativo de natureza exploratória e descritiva, que envolveu os estudantes e o docente da disciplina em causa, pretende-se verificar a existência de mudanças na aprendizagem de algoritmia e de programação, fruto das mediações dinamizadas pelo docente na utilização do dispositivo de comunicação LEGO mindstorms.

ESTADO DA ARTE

São apresentados alguns projetos de investigação que representam o estado da arte do uso da robótica na educação, baseado no dispositivo de comunicação LEGO mindstorms; são revelados os projetos, identificando algumas perspetivas em contraponto, apontando as suas expectativas e fragilidades, descrevendo os resultados e conclusões.

Presentemente, os robôs LEGO mindstorms são utilizados na educação como ferramenta pedagógica, nomeadamente na aprendizagem da matemática e da física, do ensino básico e secundário. Existem vários que apresentam vantagens quanto à sua utilidade pedagógica, em diversos contextos educacionais. No entanto, em relação às ciências de computação e comunicação, nomeadamente no ensino de algoritmia e linguagem de programação, as opiniões divergem.

McNally, Goldweber, Fagin, and Klassner (2006) descrevem resumidamente o estudo de três professores americanos que utilizaram a tecnologia da robótica como suporte à aprendizagem no curriculum das ciências de computação, realizadas em inúmeras

oficinas, com a presença de centenas de professores. O objetivo era responder à pergunta: Os robôs LEGO mindstorms têm futuro na aprendizagem das ciências de computação?

Na verdade, alguns destes professores constataram que esta tecnologia não se adapta muito bem ao ensino da informática, ou que pelo menos os seus supostos benefícios não foram comprovados. Michael Goldweber, um dos professores da investigação, utilizou o kit mindstorms nos cursos de iniciação à programação, mas defende que o seu uso prejudica a aprendizagem, (McNally et al., 2006).

A principal desvantagem logística é o custo. Embora não seja excessivamente caro equipar um laboratório com robôs baseados nos kits mindstorms, é demasiado dispendioso fornecer a cada estudante de informática o seu próprio robô; por outro lado, isto implica que o estudante esteja limitado às horas de funcionamento do laboratório de informática, quando deseja utilizar o robô. Do ponto de vista pedagógico, os robôs mindstorms condicionam o estudo de conceitos orientados a objetos; por outro lado, os robôs podem ter um comportamento diferente se a bateria estiver a meia carga e/ou se os sensores estiverem, ou não, devidamente calibrados.

Barry Fagin desenvolveu a linguagem de programação ADA/mindstorms e tem utilizado o robô mindstorms em vários contextos do curso. No entanto, os resultados do estudo que realizou não mostraram nenhuma melhoria na aprendizagem do estudante quando foi utilizado o robô nos cursos de introdução à programação, (McNally et al., 2006).

Com o robô mindstorms, podemos efetuar o *upload* do programa previamente compilado e executar as instruções para verificar se o robô tem o comportamento desejado; este processo melhora consideravelmente as fases de teste e correção, aquando da elaboração do programa. No entanto, é reduzido drasticamente o tempo disponível para o pensamento reflexivo, numa atividade não-trivial, desenvolvida ao longo de vários dias.

Frank Klassner é o autor de RCXLisp e utilizou também o robô mindstorms nos cursos que ministra (McNally et al., 2006). Ele continua a acreditar no valor pedagógico da plataforma mindstorms na educação e na aprendizagem das ciências de computação; defende que o currículo da programação deveria ser atualizado e incorporadas novas soluções de programação, no contexto da web e da computação. A plataforma é relativamente barata e razoavelmente simples para programar, em comparação com outras opções, como por exemplo os telemóveis; é versátil e aberta, oferecendo ao estudante uma variedade de experiências, como a comunicação sem fio para sistemas em tempo real. A plataforma é de fácil integração ao longo de um currículo e pode ser reutilizada em sucessivos cursos; é familiar e continua a ser um desafio aos estudantes, aumentando assim o seu valor pedagógico.

Segundo R. Oliveira (2007), podemos constatar que os estudantes se depararam com um número significativo de situações problemáticas, direta ou indiretamente relacionadas com a matemática. A investigação por ele realizada “aponta resultados claramente favoráveis à introdução dos robots como elementos mediadores entre o estudante e a matemática, desde que devidamente enquadrados”, (R. Oliveira, 2007, p. 172). No entanto, como refere R. Oliveira (2007), o uso de robôs na sala de aula é insuficiente; é necessário saber quais as tarefas que o professor está disposto a propor ao estudante e de que forma ele deve preparar e experimentar as situações de aprendizagem. O autor refere que numa implementação futura, seria interessante “aplicar e estudar a metodologia de projeto utilizando os robots, principalmente se se tratasse de um projeto interdisciplinar da Matemática com outras disciplinas como a Informática, a Física ou as Arte Visuais e Tecnológicas”, (R. Oliveira, 2007, p. 173)

Surgiu na universidade da Madeira, o projeto droide (Santos, Fermé, & Fernandes, 2005), que consiste numa nova abordagem de ensino como o objetivo de desenvolver, na sala de aula, projetos simples de robótica. Posteriormente, foram desenvolvidos dois subprojectos: droide M.L.P. (Figueira, 2008), uma plataforma que permite a programação do kit LEGO mindstorms NXT em 6 linguagens de programação distintas (C++, C#, Vb.NET, Java, Prolog e Pascal), munida de um conjunto de guias e tutoriais para a sua utilização; droide virtual (Santos, Fermé, & Fernandes, 2006), que utiliza a plataforma moodle e a framework da plataforma droide M.L.P, para que os estudantes do ensino secundário dos Açores, Madeira e Portugal Continental, pudessem resolver os desafios propostos, utilizando uma das linguagens que a plataforma oferece. Tendo em conta que o desenvolvimento de atividades práticas parece ser mais relevante e ao mesmo tempo mais motivador e interessante para os estudantes, o desenvolvimento colaborativo de projetos de robótica via web pode constituir uma abordagem mais eficiente para o ensino de programação do que o ambiente tradicional de sala de aula, (Santos et al., 2006). Luís Gaspar acredita que esta plataforma é uma mais-valia para o ensino da iniciação da programação, como é o caso da disciplina de bases de programação do 10.º ano do curso tecnológico de informática, (Gaspar, 2007).

Delman, Goetz, Langsam, and Raphan (2009) desenvolveram um sistema de ensino de C/C++ que usa os robôs LEGO mindstorms RCX, num curso de ciências e computação, para a aprendizagem da iniciação à programação. O sistema foi implementado utilizando o firmware BrickOS e o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) Code::Block, desenvolvidos pela comunidade *open source*; foi também integrado no Code::Blocks o emulador BrickEMU. O presente sistema permite desenvolver programas em C/C++ no Code::Block, compilar e efetuar o download para o bloco RCX, executar o programa e por fim observar o comportamento do robô. O ambiente IDE e o software de robótica são executados na máquina virtual Sun VirtualBox, permitindo uma plataforma de programação uniforme para todos os sistemas operativos, (Windows, Mac OS e Unix/Linux). O objetivo é ensinar a desenvolver o raciocínio lógico

na algoritmia, em vez do estudante se concentrar apenas nas especificidades da linguagem de programação. Posteriormente desenvolveram um sistema de ensino de C/C++ que usa os novos robôs LEGO mindstorms NXT.

O instituto de educação da universidade de Lisboa organizou o primeiro encontro internacional dedicado à problemática do uso das TIC ao serviço da aprendizagem - ticEDUCA2010 (ticEDUCA, 2010). A conferência, entre outras semelhantes realizadas na sociedade portuguesa, constitui uma excelente oportunidade para promover a partilha de reflexões e o intercâmbio de boas práticas de aprendizagem mediadas pela tecnologia.

QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO

Considerando que qualquer processo de ensino e aprendizagem pressupõe um entendimento acerca da comunicação humana e um modelo da comunicação, o estudo que se apresenta é orientado no sentido de responder à seguinte questão: Qual a matriz do processo de comunicação mais eficaz que o docente da disciplina de PSI, do curso profissional de técnico de GPSI pode dinamizar e potenciar as aprendizagens de algoritmia e de programação dos estudantes, recorrendo à mediação comunicacional do robô LEGO mindstorms NXT?

PRIMEIRA PARTE: ENQUADRAMENTO TEÓRICO

INTRODUÇÃO

Este estudo está organizado em quatro capítulos: começa por apresentar as motivações pessoais, seguindo-se a problemática, o problema em estudo, a finalidade e, por fim, os objetivos para a sua execução. É feito também um estudo da arte e apresentada a questão de investigação.

A primeira parte desta dissertação - enquadramento teórico - contém o primeiro capítulo, que apresenta o campo de estudos da pragmática da comunicação humana. Inicialmente, são apresentadas algumas formas de comportamento coletivo; de seguida, é estabelecida a interconexão das três dimensões desta investigação: o processo da comunicação, aprendizagem e mudança. Para entender o que é a comunicação, inicialmente é feita uma abordagem ao conceito e ao processo de comunicação. Para melhor compreender a comunicação humana, também é feita a interligação da comunicação com a aprendizagem e a mudança, destacando os níveis lógicos da aprendizagem, a natureza da aprendizagem e a tipologia da mudança. É abordada a teoria orquestral da comunicação. São apresentados os axiomas da comunicação, para se entender melhor o referido processo da comunicação humana, fundamentais para este estudo. É sublinhada a teoria orquestral da comunicação destacando a metacomunicação e o axioma medium-mensagem que Conceição Lopes acrescentou em 2007, desenvolvendo a referida teoria e contextualizando-a na atualidade dos multiusos dos dispositivos tecnológicos de comunicação e informação. É feita uma reflexão sobre a utilização dos dispositivos tecnológicos de comunicação e informação no processo de ensino-aprendizagem. É apresentado o uso da tecnologia nas estratégias de aprendizagem-ensino, assim como algumas perspetivas pedagógicas no processo de ensino-aprendizagem. Por fim, é explicitado o caso do LEGO mindstorms, utilizado neste estudo, como medium e no ensino.

O trabalho é ainda constituído por uma segunda parte – metodologia, com três capítulos. O capítulo 2 envolve a apresentação do estudo, incluindo as estratégias de comunicação e de experiência conducentes à recolha de dados. O capítulo 3 apresenta a discussão dos resultados. Finalmente, o último capítulo expõe os comentários finais, os possíveis desenvolvimentos futuros e as limitações do estudo.

CAPÍTULO 1.

A COMUNICAÇÃO HUMANA

1.1. O HOMEM DAS MULTIDÕES E O PÚBLICO

O escritor Edgar Alan Poe (1840), citado por Danton (2004), publicou um conto filosófico intitulado “O homem das multidões”.

A história é narrada por um homem que foi a Londres por motivos de saúde e divertia-se observando, no pátio do hotel, a multidão que circulava na rua. Inicialmente, observava apenas pessoas indefinidas mas, num olhar mais atento, começou a prestar atenção aos detalhes conseguindo distinguir padrões de roupas, comportamentos e formas diferentes das pessoas ao caminharem na rua. Assim, o homem começa a conseguir dilucidar várias realidades, isto é, consegue avistar vários públicos: escritores, homens de negócios, advogados, estudantes, homens de lazer...

Pouco tempo depois, um homem velho de 60 a 70 anos chama a sua atenção. A sua fisionomia expressava uma mistura de sucesso, alegria, terror e desespero. A impressão causada pelo “homem velho” é tão intensa, que o narrador passou a segui-lo. O homem caminhava pela rua, que estava repleta de pessoas e, quando chega à praça, começa a andar em círculos, confundindo-se na multidão. Quando mais tarde as pessoas começam a dispersar, o velho sente-se angustiado e procura outra multidão. A narrativa continua com o velho a procurar constantemente, durante a noite, grupos de pessoas.

No final, o escritor comenta: esse velho recusa estar só: “É o homem das multidões. Seria vão segui-lo, pois nada mais saberei dele, nem de seus atos. O pior coração do mundo é mais espesso do que o Hortulus Animae e talvez seja uma das grandes misericórdias de Deus o fato de que ele jamais se deixa ler”.

Nesta obra literária, Edgar Alan Poe “antecipou em muitos anos a discussão sobre a sociedade de massa”, (Danton, 2004, p. 5). A sociedade de massa formou-se durante o processo da industrialização do século XIX e é entendida como uma cultura do povo que existe numa sociedade moderna; estas pessoas foram forçadas a deixar as suas vilas e a mudarem-se para as grandes cidades, onde elas não se conhecem nem se relacionam. Os *media* (plural do termo em latim *medium*, meios de comunicação social: jornais, cinema, rádio, etc.) foi considerado o único meio capaz de comunicar com essa massa de indivíduos isolados; a comunicação era uniforme, direta, indiscreta e agia indiscriminadamente, afetando-os a todos. Desenvolveram-se assim os meios de comunicação de massa (*mass media*).

A sociedade de massa age como uma multidão de um agrupamento geográfico, de maneira irracional, manipulável e sem nenhuma proximidade física. Nos centros

comerciais, as pessoas estão isoladas e influenciados pelos meios de comunicação de massa, tornando-se numa multidão solitária.

A principal característica da sociedade de massa é o “pseudo-pensamento”, ou seja, acredita que pensa, mas só repete o que ouve nos meios de comunicação de massa. Segundo Luiz Beltrão (s/d), citado por Danton (2004, p. 6), “o poder massificante da sociedade é de tal ordem que o indivíduo se recusa a acreditar que é apenas uma peça da engrenagem social e que suas idéias são idéias que lhe foram implantadas pela mídia”.

O comportamento da sociedade de massa fica mais claro nos indivíduos que têm a ansiedade e vontade de continuarem sempre na moda. No entanto, quem define o que está na moda é o meio de comunicação de massa, que se aproveita da necessidade da aceitação social do indivíduo, para os manipular e venderem os seus produtos.

Como a sociedade de massa não pensa, ela necessita de alguém que pense por ela e que lhe diga o que deve fazer. Atualmente, as figuras importantes da comunicação social, como por exemplo, um ator famoso de cinema ou um apresentador de televisão, podem ser agentes perigosos para a sociedade de massa, porque podem responder inconscientemente aos impulsos dos *media* e provocar conflitos com todos aqueles que discordam dele. Como a sociedade de massa não tem consciência da sua situação, ela é feliz.

Retomando o “homem das multidões” de Edgar Allan Poe, o referido indivíduo era, segundo Danton (2004, p. 7), um “homem-massa”, incapaz de estar sozinho, mas também incapaz de criar relacionamentos profundos. A sua única ambição era ser aceite pelo grupo, mesmo que para isso fosse necessário sacrificar a sua identidade. O “Homem das Multidões” é abandonado por Edgar Allan Poe, que diz que “de nada adiantaria continuar a segui-lo, pois tudo que se poderia saber dele já se sabe”.

Outra forma de comportamento coletivo é o público. A sua principal característica é ser racional e defender a sua individualidade. Enquanto na multidão, o indivíduo quer ser anónimo e na sociedade de massa quer ser igual aos outros, no público, ele quer ser igual a si próprio.

O termo “público” é a 1ª pessoa do presente do indicativo do verbo “publicar”, que deriva do Latim PUBLICARE, “tornar público”, de PUBLICUS, “relativo ao povo”, de POPULUS, “povo”. Centra-se na ideia do comum, conjunto de pessoas que se interessa por algo ou ao qual se dirige determinada mensagem ou produto.

Segundo Danton (2004, p. 7), o público não se deixa manipular e os seus argumentos são frutos de um raciocínio interior. O público defende a sua opinião, considerando-a a melhor, porque refletiu sobre ela e não porque alguém lhe disse.

Da mesma forma que os *media* criam a sociedade de massa, ele também pode ajudar a criar o público. Os *media* criam uma fonte, de manipulação e mediação, capaz de cativar o público, enquanto recetor da mensagem; no entanto, também o pode afastar da possibilidade de transmitir as suas ideias e reflexões. Assim, o medium modifica a forma de comunicar e a sua atuação torna-se cada vez mais intensa na sociedade moderna, uma vez que o seu interesse é comum e partilhado por pessoas que se relacionam entre si. O medium “é um intermediário misterioso que permite transportar as mensagens no espaço e no tempo”, (Cloutier, 1975, p. 75).

1.2. O PROCESSO DA COMUNICAÇÃO, APRENDIZAGEM E MUDANÇA

1.2.1. Abordagem ao conceito de comunicação

A comunicação é uma necessidade essencial à natureza humana, tão básica como comer e dormir. Respiramos comunicação! É difícil imaginar a vida sem comunicação, considerando mesmo indispensável a troca de informações entre pessoas ou objetos. A comunicação está sempre presente e, como refere Bordenave (1997, p. 51), estar em silêncio pode também ser uma forma de comunicar. A comunicação faz parte do homem e da sociedade, uma vez que é no grupo e no meio onde vive que ocorre a maior necessidade de se expressar. Perante as diversas formas de comunicação - verbais e não-verbais - toda a mensagem é dirigida a um recetor e emitida por um emissor. Neste processo, são utilizados sistemas simbólicos como suporte a esta comunicação, (Bordenave, 1995, p. 37). Assim, comunicar pode não ser tarefa fácil, uma vez que a mensagem pode ser de difícil interpretação.

Como refere Conceição Lopes, a comunicação humana é uma condição de ser do Humano, no entanto, por ser um processo complexo, tornando-se difícil de definir, uma vez que existe uma diversidade de conceitos, (Lopes, 2004). A comunicação é um conceito aberto e evolutivo, composto por diferentes meios de comunicação e enriquecido, cada vez mais, com diversas formas de comunicar.

A etimologia da palavra “comunicação” está ligada ao significado de “transmitir” que valoriza a informação ou como relação, interação e partilha. Comunicação é transmitir mensagens; nesta conceção, se o recetor descodificar e compreender a mensagem transmitida pelo emissor, a comunicação será eficaz; por outro lado, comunicação provém do verbo latino *communicare*, que significa “pôr em comum”, partilhar. Nesta perspetiva, com a comunicação, as pessoas partilham experiências, ideias, desejos e sentimentos, mas também modos de comportamento e de vida. Conceição Lopes refere que a comunicação, para além da compreensão do outro, também pressupõe a intercompreensão, a meta ideal da comunicação humana que implica a consideração, ou seja, “pôr em comum” também significa que ambos os indivíduos se deixem compreender, para que ambos sejam intercompreendidos, (Lopes, 2004). Neste grupo

de pessoas “ao se relacionarem como seres interdependentes, influenciam-se mutuamente e, juntas, modificam a realidade onde estão inseridas.”, (Bordenave, 1997, p. 36).

A comunicação humana, segundo os investigadores de Palo Alto, pode ser estudada segundo três dimensões: sintática, semântica e pragmática, (Watzlawick, Beavin, & Jackson, 2007). A sintática refere-se à transmissão da informação pelo emissor, centrando-se principalmente, nos problemas da codificação, nos canais de transmissão e na receção da mensagem pelo recetor. Esta dimensão é análoga à teoria matemática da comunicação de Shannon, (Shannon & Weaver, 1949). A semântica, dimensão análoga à filosofia, concentra-se no significado da mensagem e na forma como o seu significado é produzido e compreendido. A pragmática preocupa-se com os efeitos comportamentais da comunicação humana, influenciados num determinado contexto. Todo o comportamento humano tem valor de mensagem; neste sentido, fala-se de comportamento como equivalente de comunicação. O homem não concebe a comunicação apenas no único sentido do emissor para o recetor, mas como um processo interativo concentrado no comportamento. Neste contexto, um dos objetivos da comunicação deve ser “expresso em termos de comportamento humano”, (Berlo, 2003, p. 10) e o objetivo do emissor nesse processo “é muitas vezes modificar o comportamento do recetor. A fonte quer que o recetor mude, que aprenda.”, (Berlo, 2003, p. 79). A pragmática recupera os sentidos originais associados à palavra comunicação, em que relação, interação, transmissão de informação, partilha, visando com isso a busca da intercompreensão, a meta ideal da comunicação humana.

1.2.2. Abordagem ao processo da comunicação

Definir a palavra “processo” é por si complexo, mas segundo David Berlo, pelo menos um dicionário define-a como “qualquer fenómeno que apresente contínua mudança no tempo”, (Berlo, 2003, p. 23), ou “qualquer operação ou tratamento contínuo” (Berlo, 2003, p. 23). Descreve ainda que “quinhentos anos antes do nascimento de Cristo, Heráclito destacou a importância do conceito de processo, ao declarar que um homem não pode entrar duas vezes no mesmo rio; o homem será diferente e assim também o rio”, (Berlo, 2003, p. 23). Para Berlo (2003, p. 23), o conceito de processo inclui acontecimentos e relações dinâmicas, em evolução, em constante mudança, onde uns influenciam os outros. O processo de comunicação não pode ter princípio nem fim; também não se pode dizer que uma ideia particular venha de uma fonte específica, ou que a comunicação é produzida numa só direção. Conceição Lopes evidencia o processo da comunicação como “a coprodução da realidade, da aprendizagem e da mudança realizada pelos humanos, ao longo da sua existência”, (Lopes, 2004). No ponto de vista da pragmática da comunicação humana, Conceição Lopes acrescenta que esta realidade é uma permanente reconstrução efetuada pelos indivíduos envolvidos, através da perceção e simbolização, (Lopes, 2004). Nesta visão

de processo, a realidade é construída pelo homem, que organiza as suas percepções, de uma forma ou de outra.

John Thompson, na sua obra “A Mídia e a Modernidade”, (Thompson, 1998) descreve a comunicação como “um tipo distinto de atividade social que envolve a produção, a transmissão e a recepção de formas simbólicas e implica a utilização de recursos de vários tipos”, (Thompson, 1998, p. 25). Segundo o autor, os *media* têm uma grande influência nas nossas vidas e nas formas de interação social. É necessário entender que os *media* não servem apenas para transmitir informação ou conteúdos simbólicos mas que os meios de comunicação “implica a criação de novas formas de ação e de interação no mundo social, novos tipos de relações sociais e novas maneiras de relacionamento do indivíduo com os outros e consigo mesmo”, (Thompson, 1998, p. 13) considerando-o um fenómeno de modernidade.

Segundo o autor, grande parte da história humana, “a grande maioria das interações sociais foram face a face”, (Thompson, 1998, p. 77). Nos períodos tradicional e da comunicação oral, as interações ocorriam presencialmente, face a face, com narrativas populares, abertos em conteúdos, num processo de renovação permanente e criativo. No entanto, a sua transmissão era restrita em termos de alcance geográfico e fruto do deslocamento físico das pessoas. Segundo Thompson (1998), o desenvolvimento de novos meios de comunicação, que não consiste apenas na instituição de novas redes de transmissão de informação, afetou os padrões tradicionais de interação social. Atualmente, são utilizadas novas redes de difusão de informação, mas também novos meios técnicos, novas formas de ação e de interação, bem diferentes do tradicional que tinham prevalecido durante um grande período da história humana. Estes novos padrões de interação humana são reorganizados através do espaço e do tempo, onde os indivíduos “podem interagir uns com os outros ainda que não partilhem do mesmo ambiente espaço-temporal”, (Thompson, 1998, p. 77).

Thompson (1998, p. 78) distingue três formas de ação e interação criadas pelo uso dos meios de comunicação: a “interação face a face”, “interação mediada” e “interação quase mediada”. John Thompson, interpretado por Conceição Lopes, refere que este tríade do processo de comunicação são “três ênfases ou categorias do mesmo processo que exigem competências distintas e contemplam níveis e especialização próprias, porém são indivisíveis”, (Lopes, 2011a, pp. 3-4).

A interação, face a face, ocorre num contexto de copresença e de carácter dialógico, (Thompson, 1998, p. 78). Os participantes “estão imediatamente presentes e partilham um mesmo sistema referencial de espaço e de tempo”, (Thompson, 1998, p. 78), podendo até utilizarem “uma multiplicidade de deixas simbólicas para transmitir mensagens” (Thompson, 1998, p. 78). A linguagem verbal pode ser acompanhada por gestos e expressões faciais que podem ser utilizadas para minimizar a ambiguidade e clarificar a compreensão da mensagem. No entanto, estas deixas simbólicas podem

“ameaçar a continuidade da interação ou lançar dúvidas sobre a sinceridade do interlocutor”, (Thompson, 1998, p. 78).

A interação mediada pode ser entendida como uma relação dialógica que utiliza um meio técnico, não exigindo a presença dos participantes no mesmo espaço e/ou tempo, tais como uma conversa telefônica ou a escrita de uma carta. Como os participantes podem não partilhar o mesmo referencial de espaço e de tempo, é necessário considerar os contextos da informação no processo de comunicação; o autor dá como exemplo a localização e a data no cabeçalho de uma carta, a identificação inicial de uma conversa telefônica.

Finalmente, a interação quase mediada (interação mediatizada) deixa de ser uma relação dialógica e passa a ser uma relação de natureza monológica (o fluxo da comunicação é predominantemente de um único sentido), sem exigir um mesmo contexto; são aquelas “relações sociais estabelecidas pelos meios de comunicação de massa”, (Thompson, 1998, p. 79), em que um emissor dispõe de um meio ou canal (livros, jornais, rádio, televisão etc.) para difundir uma mensagem para um número indefinido e disperso de potenciais recetores. O autor refere o exemplo do leitor de um livro, recetor de uma forma simbólica, cujo remetente não exige uma resposta direta e imediata.

A este propósito, Conceição Lopes acrescenta que, se por um lado existe distinção entre cada uma das três categorias, por outro lado, “cada um dos processos de comunicação contém todos os outros e todos os outros, num só, estão nele contidos”, (Lopes, 2011a, p. 4). A mesma autora conta que estas três categorias do processo de comunicação humana e social de Thompson “coexistem nos diversos mundos e experiência e integram a sua génese”, (Lopes, 2011a, p. 4). Desta forma, como refere Conceição Lopes, a comunicação mediada e quase mediada assentam nos processos de sociabilidade e de socialização e implicam a comunicação face a face, objeto de análise da teoria da comunicação orquestral, (Lopes, 2011a); por exemplo, um indivíduo pode dialogar com outros numa sala, enquanto assistem televisão, combinando assim a interação face a face com a interação quase mediada na mesma situação interativa. Thompson (1998, p. 81) refere ainda que as três categorias não esgotam os possíveis cenários de interação. Podem ser criadas outras formas de interação desenvolvendo novas tecnologias de comunicação que permitem um maior grau de recetividade.

Para Thompson (1998, p. 181), o desenvolvimento dos media não enriquece apenas a natureza do eu, mas também produz um novo tipo de intimidade que se diferencia, em alguns aspetos, das formas de intimidade características da interação face a face. No caso da interação mediada, “os indivíduos podem estabelecer uma forma de intimidade recíproca, mas que carece de algumas características típicas associadas à partilha de um local comum”, (Thompson, 1998, pp. 181-182). Acarreta-nos saber como encaram os indivíduos a afluência de experiências mediadas nas suas vidas;

tendencialmente darão mais atenção às experiências que lhes são de maior interesse e ignorando ou filtrando outras. No entanto, também podem procurar em dar sentido a fenómenos que desafiam a sua compreensão, esforçando-se em relacioná-los aos contextos e condições de suas próprias vidas. É possível que o indivíduo seja confrontado com uma abundância de informação e de opiniões e ser incapaz de relacionar as experiências mediadas aos contextos práticos da vida cotidiana.

1.2.3. Comunicação-aprendizagem-mudança

Continuando guiado pelos estudos de Conceição Lopes realizados sobre as teorias da comunicação de Gregory Bateson, antropólogo da comunicação e da sua equipe Paul Watzlawick et al. destacar-se-á a importância destas teorias pela importância na prossecução das finalidades desta dissertação. Deste modo, sublinha-se neste roteiro concetual, a interpretação da autora sobre as teorias da aprendizagem e mudança de Bateson, da teoria de análise da comunicação interpessoal de Bateson, Watzlawick e de Conceição Lopes que em 2007 aumentou a teoria orquestral da comunicação com a inclusão do axioma medium-mensagem.

Bateson afirma, citado por Lopes (2004), que todo o sistema humano é um ecossistema autónomo, sensível, auto-organizado e homeostático. A ecologia do sistema humano é constituído pela soma total de subsistemas que interagem, em conexão funcional e disfuncional, seja interna ou externa, como um todo integrado. Os seres vivos têm propriedades sistémicas comuns que resultam de um processo de interação permanente, estruturado num processo descontínuo de aprendizagem e mudança, inseparável dos contextos em que é socializado, (Lopes, 2011b).

Bateson define a aprendizagem como a receção de informação por um organismo, um computador ou qualquer outra entidade capaz de processar dados, (Bateson & Donaldson, 2006, p. 188). Esta definição tenta incluir todas as classes e categorias de informação, desde o mais simples impulso individual até à elaboração de complexos segmentos de informação sobre as relações. “Só depois de desenvolver a capacidade de receber informação de ordens mais abstractas é que o indivíduo pode aprender”, (Centeno, 2009, pp. 29-30).

Segundo Bateson (1979, p. 147), os acontecimentos aleatórios, inspiram as coisas novas e estão constantemente em contacto com o indivíduo. Para que a aprendizagem ocorra, é necessário que o indivíduo articule aquilo que sabe com aquilo que lhe é novo, mantendo um estado homeostático, ou seja, um estado de equilíbrio. O indivíduo deve ter a capacidade de manter a sua estabilidade interna a despeito dos acontecimentos aleatórios, casuais ou incertos, provenientes do ambiente. Quando o indivíduo é colocado perante o erro, ele autocorrige-se com auxílio do um *feedback* contínuo, o que, na prática, provoca uma certa mudança. O seu comportamento e as informações proporcionadas pelas experiências do seu passado (aquilo que sabe) determinam o grupo de opções entre as quais faz a sua escolha. Um fracasso do

indivíduo em ajustar as suas premissas às condições aleatórias do ambiente (aquilo que é novo) pode resultar numa dificuldade em transmitir mensagens aos outros.

O *feedback* assenta na perceção dos resultados e nos efeitos de um comportamento, necessários para aprender ou decidir o que se deve fazer posteriormente. Num relacionamento interpessoal, dar *feedback* é dar a saber ao outro o que achou ou sentiu, a respeito de um comportamento ou de uma atitude.

No modelo linear de aprendizagem do tipo estímulo-resposta, existem apenas dois componentes: um professor que ensina e um estudante que aprende. Mas este modelo linear torna-se obsoleto quando aprendemos sobre circuitos cibernéticos de interação. Bateson (1979, p. 134) refere que a unidade mínima de interação é constituída por três componentes: o estímulo, a resposta e o reforço. Destes três componentes, o segundo é o reforço do primeiro, e o terceiro é reforço do segundo; a resposta do estudante reforça o estímulo fornecido pelo professor; e assim por diante. Na aprendizagem, subsiste um reforço e uma interação bidirecional entre o meio ambiente e o ser vivo.

Para melhor compreender o processo da aprendizagem, é necessário entender como o indivíduo constrói e cria o conhecimento, num ambiente interativo e relacional. Não basta saber como o indivíduo repete e copia conhecimento num processo de memorização. Bateson (2000, pp. 279-308), no seu artigo "*The logical categories of learning and communication*", define a aprendizagem como uma mudança. O mesmo autor argumenta que, no estudo da aprendizagem, é necessário considerar os contextos em que ela ocorre, contrapondo com a tendência da aprendizagem behaviorista, que considera que as experiências empíricas, a memorização por repetição exaustiva, controladas por situações de estímulo e resposta, permitem-nos adquirir algum conhecimento, ou seja: para Bateson (2000), a aprendizagem não ocorre por uma simples associação entre o estímulo proveniente do meio ambiente e a respetiva resposta dos indivíduos pois estes devem ter sempre em conta o contexto da aprendizagem. Na verdade, as formas mais complexas de aprendizagem, apelam a uma constante correlação entre conteúdo e contexto. Uma aprendizagem bem-sucedida precisa, aquilo a que Bateson chama "aprender a aprender" em que o indivíduo se torna cada vez mais hábil na resolução de problemas. Não se trata da memorização de um aglomerado de informações individuais, mas especialmente da capacidade de interpretação, de compreensão e de contextualização.

Construir o nosso conhecimento não implica apenas conhecer as "coisas" do nosso universo mas, principalmente, construir as "ideias" que nós fazemos das "coisas" deste mundo, numa realidade em constante ação e interação, inseridas num determinado contexto. Nesta perspetiva, o estudo do processo de aquisição do conhecimento centra-se na inseparabilidade e no processo evolutivo da relação entre organismo e meio ambiente, denominado por Bateson (2000) de "Ecologia do Espírito Humano". O conhecimento ajusta-se à problemática das relações entre o organismo e o meio. A

vida é considerada um padrão comunicacional entre organismo e meio onde circulam informações; assim sendo essas informações ou “ideias”, não são conteúdos puros, mas sim, como refere Bateson, citado por Lopes (2004), “a diferença que faz a diferença” e como “uma diferença que produz uma outra diferença”. A mente é um aglomerado de ideias, uma comunicação e reação às diferenças, ou seja, a qualquer mudança num estado prévio que possa ser detetada pelo organismo.

Bateson elabora a noção de mente como algo que não está limitado pelo cérebro ou permanente no corpo, mas sim, como “um processo, e em processo, de comunicação e *feedback*, de produção e transmissão de diferenças significativas”, (Bateson, 2006, p. 46). A mente é um processo interativo e contínuo de adaptação que não está localizado no corpo e pressupõe uma relação do organismo com o seu meio ambiente; a vida em si mesma é mental (Bateson, 2006, p. 58).

Neste contexto epistemológico, Bateson define unidade elementar de informação como “uma diferença que faz a diferença” (Bateson, 2000, p. 459), isto é, pequenas diferenças podem produzir imensas diferenças no meio ambiente onde estão inseridas. A diferença não está localizada no espaço ou no tempo; a diferença é uma ideia a que chamamos mudança, produzida pelo meio ambiente num sistema experimental e de observação; qualquer sistema funciona por meio de diferenças, (Bateson, 2000, p. 489). Esta observação experimental não tem como desígnio conhecer as coisas em si, mas deve permitir-nos guardar “informações de diferenças” existentes entre essas realidades observadas por forma a construir e nascer as nossas ideias, as nossas apresentações e representações; construir o nosso conhecimento. Na verdade a “unidade de informação é a diferença”, (Bateson, 2000, p. 489). Por exemplo, um único bit de informação corresponde a uma única diferença - pode ser a resposta, para sim ou não, a uma questão em qualquer nível de complexidade e de abstração (Bateson, 2000, p. 273).

Podemos encontrar nas pessoas muitas “coisas” em comum. Bateson (1979), na obra “Mind and nature: A necessary unity”, procura estabelecer uma relação com todos os seres vivos do universo, a que o autor designa como “pattern which connects” (Bateson, 1979, p. 8) ou, por outras palavras, estabelecer um “padrão que liga” toda a realidade. Podemos relacionar este conceito com o processo da aprendizagem, uma vez que, no espaço da sala de aula, o professor procura alcançar a qualidade, mostrando aos estudantes um fio condutor comum nas aprendizagens. Por outro lado, no processo de aprendizagem, o estado de homeostase passa pelo reconhecimento dos “padrões que ligam” e pela sua sequente adaptação.

Para Conceição Lopes, a aprendizagem e a mudança são a essência da comunicação e fazem parte da dinâmica relacional entre os protagonistas de uma dada situação, (Lopes, 2011a, 2011b). Assim, trocam informações, criam significados, redundâncias e novos modelos de ação. Em outras palavras, eles “constroem mensagens que reduzem

a incerteza e contribuem para controlar a imprevisibilidade dos efeitos dos seus comportamentos” (Lopes, 2011a, p. 8).

1.2.3.1. Os níveis lógicos da aprendizagem

As pessoas, em condições experimentais e no quotidiano, além de aprenderem, também têm a capacidade de aprender a aprender. As pessoas também são capazes de aprender a formar ideias com diversos níveis de sinais ou mensagens em diversos contextos e transmitidos por diversos tipos de linguagens; somos levados a considerar que podemos classificar as informações. Tudo isto leva-nos a uma infinidade de possibilidades de estilos de aprendizagem, independentemente de serem distorcidas ou bem-sucedidas.

Na medida em que aprender é um fenómeno comunicacional e sistémico (a mente não está limitado pelo cérebro), Bateson concebeu uma hierarquia de diferentes níveis lógicos, por forma a organizar as nossas ideias acerca da aprendizagem e a compreender melhor os seus fenómenos, (Bateson, 2000, pp. 279-308). Relativamente ao comportamento humano, o autor descreve uma categorização lógica de diferentes níveis de aprendizagem e de comunicação, na tentativa de clarificar “as barreiras da incompreensão”, (Bateson, 2000, p. 279), baseada nos tipos lógicos da teoria de Russell. “Ao ordenar os níveis de aprendizagem, Bateson construiu uma classificação hierárquica dos tipos de erro que irão ser corrigidos nos diferentes níveis”, (Centeno, 2009, p. 31).

A teoria dos tipos lógicos de Russell afirma que nenhuma classe, ou categoria, pode ser um membro de si mesmo, ou seja, existe uma descontinuidade entre uma classe e os seus membros. A classe pode ser entendida como um conjunto de elementos com características comuns. Assim, a classe não pode ser um membro de si mesmo e um membro não pode ser uma classe, uma vez que, a classe é de um nível diferente de abstração (diferente tipo lógico) comparada com o membro. A classe é de um tipo lógico mais elevado do que os seus membros; por exemplo, a classe “cadeiras” não pode ser uma “cadeira”, do mesmo modo que, um único exemplar de uma “cadeira” não pode ser o grupo de “cadeiras”. Esta teoria aborda assuntos lógicos muito abstratos, no entanto, ela pode fornecer uma importante base para a biologia e o comportamento, bem como na classificação de fenómenos relacionados com a aprendizagem, (Bateson, 2000, pp. 280-281). Na aprendizagem, as mensagens podem ser de tipos lógicos diferentes; podem ser comentadas e retornadas sob a forma de meta-mensagens. Esta teoria permite compreender a “importância da descontinuidade existente entre os diferentes níveis lógicos e como eles se organizam de forma hierárquica”, (Centeno, 2009, p. 35). Desta forma, no processo de aprendizagem, as mensagens que ocorrem num nível superior são afetadas pelas mensagens num nível inferior.

Como acentua Bateson, a aprendizagem revela sempre algum tipo de mudança, mas identificá-la pode ser uma questão delicada, (Bateson, 2000, p. 283); por exemplo: a forma mais simples de mudança é o movimento, no entanto, devemos estruturar, entre outras regras, a nossa descrição em termos de posição, velocidade e aceleração. A mudança denota um processo, mas este também está sujeito a uma mudança. O processo pode ser rápido ou lento e até pode sofrer outros tipos de mudança de forma a obtermos um processo “diferente”.

Bateson considera necessário expandir a teoria convencional da aprendizagem, abordando alguns aspetos do processo de aprendizagem, tais como a análise das trocas de sinais ou mensagens entre as pessoas, (Winkin et al., 1981, pp. 136-137). Estas trocas significam processos que, por sua vez, também estão sujeitos a mudanças desenvolvendo processos diferentes, que formam diferentes níveis de aprendizagem. Uma experiência típica de aprendizagem envolve duas entidades: um experimentador (um estudante) e um assunto descrito nas conclusões teóricas. No entanto, se considerarmos a experiência como uma interação, o que mais importa são as relações mútuas que envolvem as duas entidades. Estas relações são caracterizadas como uma troca que se repete ao longo das sucessivas experiências. Nesta perspetiva, o assunto não é o único a ser submetido a um processo de aprendizagem: o experimentador é também o processo e é determinado, pelo menos em parte, pelo reforço fornecido pelo assunto.

Os níveis de aprendizagem são hierarquizados; assim, não é possível subir de nível, sem superar uma situação de “*Double Bind*”, (Bateson, 2000, pp. 271-278) apresentada no nível de aprendizagem anterior. O duplo constrangimento (*Double Bind*) apresenta uma situação onde o indivíduo recebe mensagens contraditórias ou incompatíveis, ou uma situação onde são manifestados comportamentos contrários, gerando ambiguidade e uma distorção na comunicação (paradoxo na comunicação). Pode ser uma força exercida sobre alguém para o obrigar a agir contra a sua vontade. Esta situação leva os indivíduos a uma dificuldade tanto na interpretação das mensagens como no conhecimento do seu significado.

O conceito “padrão que liga”, apresentado por Bateson (1979), considera que toda a comunicação necessita de um contexto sem o qual, as palavras e as ações, ou qualquer outro modo de comunicação, não teriam qualquer significado. O contexto confere significado uma vez que há classificação de contextos (Bateson, 2000, p. 15). A teoria do duplo constrangimento pode ser ligada à aprendizagem. Assim, numa situação de duplo constrangimento, é necessário diferenciar os dois estímulos, inseri-los num contexto e atribuir-lhes um significado. Desta forma, o indivíduo poderá discriminar o contexto e conseqüentemente subir de nível de aprendizagem, ou seja, o indivíduo deve “olhar” para os estímulos e para a possibilidade de atuar na diferença perceptível entre eles, conferindo capacidade de entendimento e de discriminação do contexto. O indivíduo aprende que “*this is a context for discrimination*”, (Bateson, 1979, p. 119).

Não é possível passar para o nível de aprendizagem seguinte, se não for criado primeiro um meta-contexto para o contexto de aprendizagem anterior.

A comunicação, como refere Conceição Lopes, é “o processo permanente de aquisição de conhecimentos e de mudança”, (Lopes, 2004). A comunicação é aprendizagem. Este processo é sempre intencional e instaura uma desordem na harmonia anterior existente, que por sua vez, busca uma nova ordem que possibilita “novos modos de ver a realidade e coloca o Humano num nível superior de conhecimentos”, (Lopes, 2004).

De seguida, apresentam-se os quatro níveis lógicos que representam a base da teoria da aprendizagem de Bateson (2000) que evoluem de complexidade desde o nível 0 ao nível III, num processo descontínuo e estruturados de forma hierárquica.

i. Aprendizagem de nível 0

A aprendizagem 0 é a ordenação das nossas ideias sobre a aprendizagem no nível mais simples possível. Neste caso, o organismo manifesta trocas com gastos sensoriais mínimos na sua resposta ao meio ambiente. A aprendizagem 0 é caracterizada pela especificidade de resposta, isto é, por um comportamento específico num ambiente específico, o qual, certo ou errado, não está sujeito à correção, por um processo de tentativa e erro, (Bateson, 2000, pp. 283-287); por exemplo: quando uma entidade mostra uma mudança mínima ao responder a um item repetido de estímulos sensoriais.

A aprendizagem 0 reporta-se a uma simples receção de informação de um sinal proveniente de um evento exterior, para que, num futuro próximo, um evento semelhante irá transmitir a mesma informação. “É o caso em que um mesmo estímulo provoca sempre a mesma resposta”, (Centeno, 2009, p. 31); o indivíduo irá adotar o mesmo comportamento ou percepção para o mesmo estímulo. “É uma aprendizagem linear de tipo causa e efeito à qual está associado o sentido mais comum do uso da palavra aprender”, (Lopes, 2004).

ii. Aprendizagem de nível I

A aprendizagem de nível I define-se a mudança na especificidade de resposta, dada na aprendizagem 0, conseguida através da correção de erros de escolha, num conjunto de alternativas. Na aprendizagem I, cada item de percepção ou comportamento pode ser um estímulo, uma resposta ou um reforço, de acordo com a pontuação da sequência da experiência, (Bateson, 2000, p. 292).

Bateson define o estímulo como um sinal elementar, que pode ser interno ou externo, (Bateson, 2000, p. 289). O contexto do estímulo é uma meta-mensagem que classifica o sinal elementar. A noção de contexto está sujeita a diferentes níveis de abstração: o

contexto do contexto de estímulo é um meta-meta-mensagem que classifica a meta-mensagem, e assim sucessivamente, ou seja: cada contexto de nível superior representa uma meta-mensagem que determina o significado das mensagens do nível inferior. Esta noção hierárquica também poderia ser construída a partir da noção de resposta ou da noção de reforço. Tendo em conta a classificação hierárquica dos erros a serem corrigidos, através do processo de tentativa e erro, é possível explicar o contexto como um termo coletivo que representa todos os eventos que indicam ao organismo de entre que conjunto de alternativas ele deve fazer a sua próxima escolha.

A aprendizagem I representa a “mudança na capacidade do indivíduo reagir às percepções ou aos sinais que recebe”, (Centeno, 2009, p. 32). É o caso em que é dada uma resposta diferente ao mesmo estímulo, em momentos diferentes. O indivíduo irá adotar várias respostas para o mesmo estímulo e aprender a dar resposta aos sinais, ou seja, “ajusta a resposta ao mesmo sinal em função do contexto no qual este é produzido”, (Centeno, 2009, p. 32). A aprendizagem I surge quando o indivíduo for capaz de criar um meta-contexto para o contexto de aprendizagem de nível 0.

Na definição de aprendizagem I, Bateson assume que o estímulo é, de alguma forma, o mesmo nos dois períodos de tempo, (Bateson, 2000, p. 288). Este pressuposto deve também ter presente que o contexto seja o mesmo em ambas as vezes; sem a suposição da repetição do contexto, as aprendizagens seriam do mesmo tipo, ou seja, todas seriam aprendizagens do tipo 0, e conseqüentemente, a teoria da aprendizagem como uma mudança não faria sentido. Desta forma, a sequência da experiência é de certa forma segmentada ou pontuada em subsequências ou contextos que podem ser igualadas ou diferenciadas pelo organismo.

O homem é considerado o único organismo que envolve os modos analógicos e digitais na comunicação. O sistema mais conhecido que possa representar a comunicação digital é o sistema da língua natural; o exemplo mais comum para representar a comunicação analógico é a expressão corporal que envolve tudo o que verbalizamos, que na maioria das vezes não valorizamos. Se a comunicação apresenta um conteúdo e pressupõe uma relação, é expectável que se conclua que os dois modos de comunicação não só existem lado a lado, mas que se complementam em todas as mensagens. É mais provável que o aspeto do conteúdo seja transmitido digitalmente e que o aspeto relacional tenha natureza predominantemente analógica; no entanto, o mais importante é identificar ambos os tipos de linguagem e reconhecer que a sua percepção é de extrema importância para a concretização da comunicação.

No mundo natural e de organismos vivos, são produzidos sinais digitais ou analógicos cuja função principal é de classificar os contextos. Existe a necessidade, no processo comunicacional, de reconhecer estes dois tipos de linguagem. Estas fontes de informação, que permitem classificar os contextos, são designados por Bateson (2000, p. 289) de “marcadores de contexto”, (context marker).

iii. Aprendizagem de nível II

A aprendizagem II corresponde a uma mudança no processo de aprendizagem I, e está relacionada com os fenômenos da “deutero-aprendizagem”, ou seja, das transferências de aprendizagem e de aprender a aprender; representa uma mudança corretiva de um conjunto de alternativas escolhidas pelo indivíduo, ou uma mudança na forma como se pontua a sequência da experiência, ou seja, uma mudança na forma como a sequência da experiência é realizada pelo indivíduo, (Bateson, 2000, p. 293). Na aprendizagem II, o conhecimento da aprendizagem I é contextualizado e generalizado.

A aprendizagem II é uma mudança que abrange a forma como se segmenta ou pontua em contextos a sequência da interação ou da experiência, juntamente com uma mudança no uso dos “marcadores de contexto”. Estamos perante um processo de adaptação onde o indivíduo aprende uma meta-regra sobre como se devem abordar os eventos.

“Nos sistemas, que envolvem duas ou mais pessoas, onde a maioria dos acontecimentos importantes são posturas, ações ou afirmações das pessoas, nota-se que o conjunto de eventos é pontuado em contextos de aprendizagem pelo acordo que se estabelece entre os indivíduos, tendo em consideração a natureza da sua relação; ou então, por marcadores de contexto e acordos no sentido de atribuir o mesmo significado a esses marcadores de contexto”, (Centeno, 2009, p. 33).

Grande parte da aprendizagem II determina a vida relacional e os padrões de transferência do ser humano, principalmente aqueles que são relacionados com a primeira infância e com o inconsciente, (Bateson, 2000, pp. 300-301). A aprendizagem II adquirida na infância tende a persistir ao longo da vida. A maioria das pessoas encontra-se na aprendizagem de nível II.

iv. Aprendizagem de nível III

A aprendizagem III é a mudança no processo da aprendizagem II. Representa uma mudança corretiva no sistema de um conjunto de alternativas a partir do qual é feita a escolha, (Bateson, 2000, p. 293). O indivíduo toma consciência das regras dos comportamentos que adotou na aprendizagem II, o que permite sua mudança e ser observador do seu próprio comportamento. A aprendizagem III surge quando o indivíduo é capaz de aprender a mudar a sua forma de aprender a aprender. Segundo Bateson, interpretado por Conceição Lopes, a aprendizagem III é essencial e “corresponde ao processo de aprender como se aprendeu a aprender e à tomada de consciência dos modelos da aprendizagem do nível II adquiridos ao longo da existência autobiográfica”, (Lopes, 2004). Conceição Lopes refere que esta aprendizagem “resulta das contradições da aprendizagem II e a sua resolução constitui um reforço positivo da aprendizagem III”, (Lopes, 2004). Na aprendizagem III, o indivíduo “reconstrói as

aprendizagens de tipo II, modifica-as ou reorienta-as e aprende a perceber e a reagir em função de contextos de contextos”, (Lopes, 2004). Para Conceição Lopes, o indivíduo reconstrói uma nova realidade através de uma redefinição de si mesmo e do mundo, (Lopes, 2004).

1.2.3.2. Natureza da aprendizagem

Para além dos níveis lógicos da aprendizagem, a aprendizagem pode ser de natureza formal, informal e técnica. Edward Hall sugere que na experiência humana, o homem não tem duas formas de comportamento mas três, pois ele encara a atividade e as interações fundamentalmente sobre os aspetos formal, informal e técnico, (Hall, 1994, p. 83). Na vida real, Edward Hall considera que esta tríada está presente em quase todas as situações de aprendizagem, no entanto, uma delas irá sempre prevalecer, (Hall, 1994, p. 86). Lopes (2004) refere que esta tríada “marca a evolução do indivíduo e resulta da interação entre os indivíduos mediados pela cultura a que pertencem e pela sua consciência.”

A aprendizagem informal é inconsciente, menos estruturada e imprecisa. Segundo Edward Hall, as interações de natureza informal são submetidas progressivamente por referência a modelos concretos, (Hall, 1994, p. 88); por este motivo, a aprendizagem informal tem uma dinâmica de imitação, é adquirida progressivamente e de forma inconsciente, sem que o indivíduo se aperceba que ela é orientada por esquemas ou regras. A perceção dos esquemas e dos modelos de natureza informal serão apenas alcançados, pelos indivíduos, nas situações de transgressão ou de insucesso; daí que Edward Hall preveja que a aprendizagem informal esteja associada a um certo grau de ansiedade que não existe tão intensamente na aprendizagem formal, (Hall, 1994, p. 95). Watzlawick refere, citado por Lopes (2004), que a aprendizagem informal não é racionalizada no momento da ação, uma vez que é “resultado de aprendizagens realizadas no passado que, uma vez integradas no desempenho quotidiano, tornam-se espontâneas”, (Lopes, 2004).

A aprendizagem formal recorre a esquemas e a um modelo de comunicação que foram incutidos no indivíduo durante o seu período de educação e, que ele próprio nunca contestou, (Hall, 1994, p. 87). Este processo de aprendizagem assenta no recurso a regras e advertências e tem uma carga emocional muito forte. O indivíduo é modelado no dia-a-dia segundo esquemas, considerados posteriormente como um dado adquirido e analogamente inquestionáveis. “Os esquemas formais quase sempre se aprendem quando se comete um erro e alguém o corrige”, (Hall, 1994, p. 87). O processo formal é de natureza bipolar: “O aluno tenta, falha, é corrigido”, (Hall, 1994, p. 90). A aprendizagem técnica também tem início com erros e correções, no entanto, difere da aprendizagem formal, uma vez que se explica ao indivíduo o porquê dos seus erros. Um sistema formal que ninguém contesta é produzido pela combinação de muitos pormenores de natureza binária, do tipo sim-não, bem-mal, (Hall, 1994, p. 87).

Para Conceição Lopes, “esta aprendizagem envolve uma carga emocional elevada e enquadra a estrutura das convicções dos indivíduos”, (Lopes, 2004).

Na sua forma pura, a aprendizagem técnica, “é quase uma rua de sentido único”, (Hall, 1994, p. 89); permite a transmissão de conhecimentos a um nível técnico, recorrendo a termos explícitos e coerentes, normalmente precedida por uma análise lógica. Edward Hall exemplifica a aprendizagem técnica com a escrita de um manual de instruções para reparar automóveis no serviço militar, (Hall, 1994, p. 90). O indivíduo não necessita de ter ideias próprias para reparar o equipamento, basta-lhe saber ler e seguir as instruções. A aprendizagem técnica segue uma direção oposta em relação à aprendizagem informal: a aprendizagem técnica depende menos da aptidão do estudante e da escolha de modelos adequados; depende mais do conhecimento e da capacidade analítica do professor, (Hall, 1994, p. 90); se a análise do professor for suficientemente clara e rigorosa, ele não precisará de estar presente. Se o indivíduo incluir no seu comportamento técnico os aspetos formais e informais, ele situa-se num nível mais elevado de consciência, (Hall, 1994, p. 93). A integração de aquisições da aprendizagem formal resultará “o novo saber-fazer, o novo saber-ser, o novo saber-agir”, (Lopes, 2004) e corresponde a uma maior perceção imediata da própria experiência.

1.2.3.3. Tipologia da mudança

As relações entre os indivíduos são inevitáveis e necessárias para todos; haverá sempre um indivíduo que influencia e, pelo menos, um outro que é influenciado. Estas relações são sujeitas a alterações no tempo, mesmo na ausência de perturbações externas. De acordo com Bateson, podemos enunciar que todo o indivíduo não é resistente à mudança; assim, o indivíduo resiste à mudança controlando-a, ou modificando-se, de acordo com a dita mudança, ou persiste em a integrar em si próprio, (Bateson, 1979, p. 103).

Como refere Conceição Lopes, “Se a aprendizagem é resultado de um processo descontínuo e organizado por níveis lógicos de complexidade diferenciada e pela natureza da aprendizagem, a mudança implica o processo lento da aprendizagem que conduz à recontextualização e esta concretiza a mudança”, (Lopes, 2011a, pp. 7-8). No entanto, os processos práticos de mudança são diferentes.

i. Mudança progressiva

Para Bateson, um sistema de relações, entre indivíduos ou grupos de indivíduos, tem a tendência para uma mudança progressiva que pode ser descrita como cismogénese (Bateson, 2006, p. 308). Bateson identificou dois tipos de cismogénese para descrever esta tendência: a simétrica e a complementar. A cismogénese é definida como “um processo de diferenciação nas normas de comportamento individual resultante da

interação cumulativa dos indivíduos”, (Bateson, 2006, p. 219); não basta considerar as reações de um indivíduo A, em relação às reações de outro indivíduo B, mas ir mais além e “considerar como estas afectam o comportamento posterior de B e o efeito disso sobre A”, (Bateson, 2006, p. 219).

A mudança progressiva pode ser caracterizada por uma diferenciação simétrica, quando a mudança no indivíduo afeta o ambiente dos outros indivíduos, provocando neles uma mudança similar, ou seja, os indivíduos respondem ao que os outros fazem, fazendo algo semelhante. Isto repercute-se no indivíduo inicial, produzindo nele novas mudanças na mesma direção: “À medida que um indivíduo aprende padrões de comportamento simétrico, ele não somente passa a esperar esse tipo de comportamento nos outros, mas também age de maneira tal que faz com que os outros experimentem esses contextos, em que eles, por sua vez, aprenderão um comportamento simétrico”, (Bateson, 2006, p. 310).

Nesta imagem é possível desenvolver uma competição entre grupos de indivíduos, em que o ato de aprender estimula o outro grupo a um maior nível de aprendizagem. “O estímulo é dado pela visão de maior força ou empenho por parte do outro grupo”, (Centeno, 2009, p. 19). A força do indivíduo é vista como um fenómeno relacional; no entanto, se lhe for demonstrado que o outro é realmente fraco, o primeiro vai diminuir o seu esforço. “Este processo, se não for travado, leva necessariamente a um estado crescente de extrema rivalidade e mesmo hostilidade, bem como à ruptura de todo o sistema”, (Centeno, 2009, p. 19).

Por outro lado, a mudança progressiva pode igualmente ser caracterizada por uma diferenciação complementar onde o comportamento dos indivíduos, apesar de diferentes, parece que se complementam mutuamente: se um indivíduo tiver um padrão de comportamento com carácter de asserção, que declara ou afirma algo que julga ser verdadeiro, espera-se que o outro indivíduo responda ao primeiro através da submissão. Esta diferenciação pode tornar-se progressiva e é “provável que esta submissão encoraje uma nova asserção, e que essa asserção vá requerer ainda mais submissão”, (Bateson, 2006, p. 219). Assim, por uma questão de ética, torna-se necessário controlar os indivíduos dos excessos de comportamento assertivo ou submisso.

O estímulo que incentiva um indivíduo a um esforço acrescido é a relativa fraqueza do outro. “Esta cismogénese, a não ser que se verifique uma restrição, leva a uma acentuação das posições dos membros de ambos os grupos, que resulta numa hostilidade mútua entre eles e termina na ruptura do sistema”, (Centeno, 2009, p. 19).

O processo de mudança é resultante da persistência e esforço de ambos os indivíduos, que buscam atingir um equilíbrio dinâmico, com um reforço mútuo de processos similares e opostos, correspondentes a interações simétricas e complementares:

“Estamos perante os processos de interação que criam e conservam as diferenças entre os indivíduos”, (Centeno, 2009, p. 18).

Segundo Bateson, é suposto obtermos o equilíbrio dinâmico do sistema, contrabalançando os processos simétricos com os complementares, em certo sentido opostos, porém, “é improvável que os dois processos possam se equilibrar a menos que exista entre eles alguma relação funcional”, (Bateson, 2006, p. 311). “A cismogénese traz a ideia de que integridade e ruptura não são distintos e opostos, mas faces do mesmo processo de produção combinada de estabilidade e variação”, (Bateson, 2006, p. 35). Nesta perspetiva, a integridade e a rutura existem em contexto, sendo certo que as ruturas do sistema podem ser o reequilíbrio num outro plano e a estabilidade pode estar associada a variações.

O princípio do *feedback* negativo foi utilizado por Bateson para explicar que o sistema é capaz de reestabelecer o equilíbrio, através de autocorrecções sucessivas (Winkin et al., 1981, p. 35). Estamos perante um sistema circular e autocorretivo capaz de promover uma mudança e permitir o equilíbrio do sistema, se considerarmos que “um aumento na cismogénese simétrica” produz “um aumento no fenómeno complementar correctivo”, (Bateson, 2006, p. 312).

ii. Mudança adaptativa

Todos os sistemas biológicos são suscetíveis de sofrer mudanças adaptativas que devem ser sempre hierárquicas. A mudança adaptativa de qualquer sistema depende da circularidade do *feedback*, concedida por uma atividade natural ou resultante de um reforço individual; em todos os casos, este processo deve ser de tentativa e erro e um mecanismo de comparação (Bateson, 2000, p. 274). Nós, organismos, aprendemos a aprender, isto é o que Bateson designa de deutero-aprendizagem (*deutero-learn*). Esta mudança na aprendizagem deve ser sempre hierárquica uma vez que um erro só pode ser evitado no nível seguinte. O reforço individual, num determinado nível, faz com que o indivíduo tenha um esforço menor na correção de um erro no nível seguinte e assim sucessivamente; por outras palavras: esta forma de aprendizagem requer que, “juntamente com a aquisição de conhecimento ou de uma aptidão, também tem lugar um processo que torna progressivamente mais fácil a própria aquisição”, (Watzlawick et al., 2007, p. 239), assim, não só se aprende mas também se aprende a aprender.

Para concretizar o processo de aprendizagem, Bateson refere que não basta uma mudança de primeira ordem (*first-order change*) que se adequa às exigências ambientais ou fisiológicas, mas também mudanças de segunda ordem (*second-order changes*) que irão reduzir a quantidade de tentativas e de erro, atitude que é necessária para alcançar a mudança de primeira ordem, (Bateson, 2000, p. 274). Bateson (2000) recorda que as mudanças de segunda ordem ou transformadoras são

difíceis de implementar e de aceitar, uma vez que requerem ao indivíduo uma reflexão sobre o conhecimento que temos de nós mesmos e uma capacidade de aprender a aprender. Estas mudanças são obtidas através de um autêntico esforço, exigindo destreza e habilidade; o indivíduo deve aprender a aprender, através da sobreposição e interligação de diferentes *feedbacks*, ou seja, aprender a refletir sobre os contextos prévios da aprendizagem, pontuando as sequências dos factos comportamentais.

A prática de mudança de primeira ordem corresponde “à mudança parcial de uma ou mais componentes do sistema pessoa”, (Lopes, 2011a, p. 8); e a mudança de segunda ordem, “produz a mudança completa do sistema referido”, (Lopes, 2011a, p. 8). Conceição Lopes apresenta a entrada na escola para exemplificar estes dois níveis de mudança: no jardim-de-infância ou na universidade onde a pessoa é afastada da família, (Lopes, 2011a, p. 8).

Seja qual for a complexidade do sistema, a coexistência destes dois níveis de mudança é sublinhada por Watzlawick et al. ao considerarem que, citado por Lopes (2004), a realidade é uma construção mental do homem; o real não existe, o que existe são dois níveis da realidade ou do conhecimento: somos confrontados com duas realidades que não são isoladas e que ambas são mediadas pela linguagem: uma realidade de primeira ordem que raramente ocorre sozinho e uma outra de segunda ordem. A realidade de primeira ordem é a “percepção dos objetos que os nossos sentidos nos transmitem”, (Watzlawick et al., 2007, p. 237), é “o conhecimento sobre as coisas”, (Lopes, 2004). A realidade de segunda ordem diz respeito “ao universo de significações que o homem atribui às coisas (..) é o conhecimento sobre o conhecimento das coisas” (Lopes, 2004). É o “conhecimento sobre o conhecimento de primeira ordem e, por conseguinte, é metaconhecimento”, (Watzlawick et al., 2007, p. 237). Conceição Lopes apresenta o exemplo de uma carta geográfica para representar estas duas realidades: o território corresponde a realidade de primeira ordem; a carta, que representa a imagem do território, é a realidade de segunda ordem (Lopes, 2004).

Watzlawick et al. referem uma outra visão da realidade, uma vez que o homem não deixará de “procurar conhecimentos sobre os objetos de sua experiência, de procurar entender o seu significado para a sua existência e de reagir a esses objetos segundo a sua compreensão”, (Watzlawick et al., 2007, p. 238). Esta visão unificadora do mundo em que o próprio homem se vê “jogado” corresponde à realidade de 3ª ordem. Lopes (2004) acrescenta que, segundo Watzlawick et al., a existência humana é uma função entre o organismo e o seu meio, e que, sublinhando o pensamento de Bateson, a realidade é uma coprodução do indivíduo e que o “eu” enquanto objeto não tem realidade; “Ele existe como elemento essencial na sintaxe da sua própria experiência e na experiência dos outros”, (Lopes, 2004)

1.3. ABORDAGEM À TEORIA ORQUESTRAL DA COMUNICAÇÃO

1.3.1. Premissas e conceito de comunicação na teoria orquestral da comunicação

Bateson (1979) propôs a teoria da Ecologia do Espírito (Ecologia da Mente) onde a mente é definida como um fenômeno sistêmico centrado na inseparabilidade dos organismos vivos com o meio ambiente. Segundo a sua epistemologia cibernética, a mente é um ecossistema inseparável do corpo que funciona através de intensas interações com o seu meio ambiente. Conceição Lopes refere que o mundo vivo não é previsível e que a Ecologia do Espírito Humano é, segundo Bateson, “um conjunto holístico formado por várias componentes que trocam informação e energia, entre si, e se baseiam na interação e na inter-relação das diferenças que constituem o ecossistema Humano”, (Lopes, 2011a, p. 9). Não é possível descrever os ecossistemas sem pensar em comunicação e na noção de padrões de ação que definem o comportamento dos organismos entre si e com o meio ambiente onde habitam. A interação dos vários componentes nos ecossistemas pode proporcionar aos organismos novas formas de sentir, de pensar e de se relacionar com o mundo. Lopes (2004) refere que, Watzlawick et al. também consideram que a comunicação e a existência humana constituem conceitos inseparáveis. “Os organismos são sistemas abertos que mantêm o seu estado constante (estabilidade) e até evoluem para estados de maior complexidade por meio de um intercâmbio constante de energia e informação com o seu meio ambiente”, (Watzlawick et al., 2007, p. 235). Para Bateson, segundo Lopes (2011a, 2011b), a criatura humana é um dos muitos sistemas da biosfera, autónomo, sensível, auto-organizado e homeostático.

Segundo um grupo interdisciplinar de investigadores americanos, da escola de Palo Alto, no âmbito da Psicologia e da Psiquiatria, inspirados pelas ideias de Gregory Bateson, a comunicação é uma espécie de matriz social onde se refletem todas as atividades humanas; a comunicação é um todo integrado, (Winkin et al., 1981, p. 36).

A rede de investigação, da escola de Palo Alto, ficou conhecida como “um colégio invisível”, (Winkin et al., 1981, p. 27) contribuindo para uma nova visão da comunicação e do universo social. Esta teoria surgiu como resposta ao esquema da comunicação linear, proposto por Claude Shannon em *the mathematical theory of communication* (Shannon & Weaver, 1949); o esquema da comunicação telegráfica proposto por Shannon foi quase indubitavelmente adaptado por várias áreas científicas. No entanto, este esquema linear da comunicação foi considerado, pelo grupo de Palo Alto, demasiado estático para a sua aplicação nas ciências sociais e humanas, contrapondo a metáfora da orquestra para discutir o modelo. A orquestra revela a complexidade do processo da comunicação interpessoal, num sistema circular, interacional e de múltiplos contextos.

Paul Watzlawick partilhou com Gregory Bateson várias pesquisas desenvolvidas no Palo Alto, onde aprofundaram o estudo dos processos psicológicos da comunicação. Um dos pressupostos teóricos abordava o estudo das relações dos indivíduos às reações de outros indivíduos. Neste contexto, não basta considerar as reações do indivíduo A, ao comportamento do indivíduo B, mas também de que modo essas reações afetam o comportamento posterior de B e o seu efeito sobre A.

A pragmática da comunicação de Watzlawick et al., baseia-se, citado por Lopes (2004) em três hipóteses que mantêm uma coerência entre si e que traduzem a patologia da comunicação: “a essência da comunicação encontra-se nos processos relacionais e interaccionais que o indivíduo protagoniza ao longo da sua vida; todo o comportamento humano tem valor de mensagem; e não existem indivíduos perturbados psiquicamente, o que existem são perturbações da comunicação, entre indivíduos portadores de sintomas e o seu meio envolvente.” (Lopes, 2004). A mesma autora refere que a primeira hipótese desenvolve o axioma da pragmática da comunicação interpessoal; a segunda, uma metodologia da mudança e a terceira hipótese técnicas terapêuticas específicas.

Segundo Bateson et al., a comunicação é concebida como um sistema de múltiplos canais, no qual o ator social participa em todo o instante, mesmo sem ele querer, (Winkin et al., 1981, p. 7). Ele é parte integrante da comunicação tal como o músico faz parte da orquestra. Mas, nesta vasta orquestra cultural, não existe maestro nem partitura: cada um joga, adaptando-se ao outro, estabelecendo implicitamente uma interação com os outros. Nesta orquestra sinfónica, cada músico é constantemente emissor e recetor das mensagens artísticas; cada símbolo é, simultaneamente, um estímulo, uma reação e um reforço a outros estímulos. A partitura traduz as regras que orientam os diversos modos de comportamento (palavras, gestos, expressão facial, a linguagem do corpo,...). O modelo orquestral vem recuperar o sentido etimológico inicial da palavra comunicação: “pôr em comum”, partilhar.

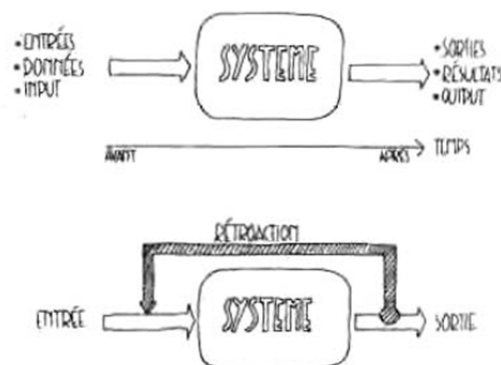


Figura 1: Esquema do *feedback* por Joël de Rosnay, concebido por Yves Winkin (Winkin et al., 1981, p. 16)

Segundo Winkin et al. (1981, p. 16), cada processo deve ser entendido como um sistema circular baseado no princípio do *feedback*, onde a cibernética procura refletir que todos os efeitos atuam sobre as causas, ultrapassando a análise linear tradicional, delineada por uma linha unidimensional, proposta por Shannon. A comunicação é vista como um todo integrado, num processo permanente e circular (porque inclui o *feedback*), a vários níveis, integrando diversos modos de comportamento.

A comunicação já não é vista como uma “análise de conteúdo” (Winkin et al., 1981, p. 24) proposta pelo modelo telegráfico onde o significado da mensagem está contido na mensagem enviada voluntariamente do emissor para o recetor. A analogia da orquestra centra-se numa “análise de contexto” (Winkin et al., 1981, p. 24) no ponto de vista “sistémico” (Winkin et al., 1981, p. 17) definido como múltiplos elementos em interação de natureza não aleatória. O contexto está ligado à noção de significado; sem contexto, as palavras e as ações não teriam qualquer significado. O conceito sistémico vê o mundo em termos de processos de interação entre os seres vivos e o meio ambiente, envolvendo trocas, comportamentos adaptativos e transformações em todos os organismos vivos envolvidos no processo. A mensagem proveniente de outros modos de comunicação não tem um significado intrínseco (Winkin et al., 1981, p. 24). Nesta abordagem, a emergência do significado apenas pode ser apreendida se assumir vários modos de comunicação, reportados num determinado contexto de interação, (Winkin et al., 1981, p. 24). Assim, o significado só pode ser apreendido se for possível descrever os diversos modos de comunicação num determinado contexto. Neste sistema interacional o indivíduo participa em processos de comunicação, sendo que a comunicação, enquanto sistema, deve ser entendida ao nível da troca da interação.

O mundo é um sistema complexo formado por indivíduos com energias acumuladas e que possuem entre si uma relação de controlo. Cada indivíduo tem a sua própria ideia a respeito da direção que deve tomar e em que aspeto deve levar a efeito a sua própria energia. Para Watzlawick, a comunicação é uma troca indispensável de informação, (Watzlawick et al., 2007, pp. 25-26). Este conceito é explicado pelo autor através da analogia de dois pontapés que o homem deu: um a uma pedra e outro a um cão. Assim, enquanto a pedra reage de forma linear à energia recebida pelo pé do homem, o cão reage de forma imprevisível adquirindo a energia do seu próprio metabolismo e não do pontapé. Neste caso, o que é transferido para o cão não é energia mas informação. O cão reage à comunicação com outro item de comportamento. O cão pode recuar e morder o homem, mas tal vai depender da análise de contexto, da relação com o homem e da situação vivenciada no ambiente. “O pontapé é um item de comportamento que comunica algo ao cão e este reage à comunicação com um outro item de comportamento-comunicação”, (Watzlawick et al., 2007, p. 26). Assim, da mesma forma, o robô LEGO mindstorms é também um item

de comportamento que comunica algo ao sistema/estudante e este reage à comunicação com outro item de comportamento-comunicação.

A interação de um sistema é constituída por três elementos que se interligam: os objetos que são os componentes que constituem o sistema, os atributos ou propriedades do objeto e os relacionamentos entre os objetos e seus atributos, (Watzlawjck, Beavin, & Jackson, 1985, p. 117). Assim, um sistema é um conjunto de indivíduos que se relacionam entre si através de trocas de informação.

A conceção orquestral da comunicação permite descrever a complexidade de todo o processo comunicativo e melhor compreender o comportamento, as práticas e as interações humanas, refletidas numa matriz social. O modelo tenta explicar a multiplicidade do comportamento humano a partir da comunicação, e permite conhecer as regras de interação proveniente entre indivíduos e entre o indivíduo e o meio que o rodeia. A comunicação humana é tão complexa que a mínima situação de interação deve ser pensada em termos de níveis de complexidade, de contextos múltiplos, e de sistemas circulares, (Winkin et al., 1981, p. 25). Esta lógica da comunicação “focaliza-se na análise dos efeitos da interação e da interrelação que se opera na Ecologia do Espírito Humano dos participantes em situação” (Lopes, 2011a, p. 10).

1.3.2. Axiomática da comunicação orquestral

Para os investigadores de Palo Alto (Watzlawick et al., 2007), o essencial é estudar os efeitos pragmáticos da comunicação humana, ou seja, os seus efeitos sobre o comportamento. Os investigadores defendem que a comunicação não é concebida como uma relação unilateral entre os seus elementos (Watzlawick et al., 2007, p. 114), pois o emissor pode afetar o recetor mas também o inverso. A comunicação é um processo interativo onde o emissor e o recetor são lugares que as pessoas ocupam simultaneamente, o que não ocorre na mera transmissão telegráfica.

Os axiomas da teoria da comunicação, expostos pelos investigadores da escola de Palo Alto, fornecem uma importante base conceitual para melhor compreender o processo de comunicação interpessoal, (Watzlawjck et al., 1985, pp. 49-71). Estes axiomas são proposições básicas fundamentais para estabelecer os efeitos comportamentais de todo o processo de comunicação. O comunicador, em particular o professor, deve estar consciente que estes axiomas são parte integrante da comunicação, adaptando a sua prática comunicativa em função dos resultados alcançados.

Deste modo, apresentam-se um conjunto de axiomas pragmáticos que permitem analisar o processo da comunicação:

- A Impossibilidade de não comunicar: “Não se pode não comunicar”, (Watzlawick et al., 2007, p. 47);

- O conteúdo e níveis de relação da comunicação: “Toda a comunicação tem um aspecto de conteúdo e um aspecto de comunicação tais que o segundo classifica o primeiro e é, portanto, uma metacomunicação”, (Watzlawick et al., 2007, p. 50);
- A pontuação da sequência dos factos na interação: “A natureza de uma relação está na contingência da pontuação das sequências comunicacionais entre os comunicantes”, (Watzlawick et al., 2007, p. 54);
- As modalidades da comunicação digital e analógica: “Os seres humanos comunicam digital e analogicamente. A linguagem dígita é uma sintaxe lógica sumamente complexa e poderosa mas carente de adequada semântica no campo das relações, ao passo que a linguagem analógica possui a semântica mas não tem uma sintaxe adequada para a definição não-ambígua da natureza das relações”, (Watzlawick et al., 2007, p. 61);
- A natureza da relação: interação simétrica e complementar: “Todas as permutas comunicacionais ou são simétricas ou complementares, segundo se baseiem na igualdade ou na diferença”, (Watzlawick et al., 2007, p. 64).

i. A impossibilidade de não comunicar

O primeiro axioma revela a impossibilidade de não comunicar. Comunicamos o desejo de não comunicar, mas não deixamos de comunicar. A não-comunicação e o comportamento têm o valor de uma mensagem: basta a simples presença de uma pessoa para haver comunicação e para que ela afeta o comportamento da outra. A troca de palavras não é a única forma de comunicação; estar em silêncio e todo o comportamento são também formas de comunicar.

Myers & Myers (1990), citado por Lopes (2004), revela a importância do indivíduo na sua própria comunicação, uma vez que, recebe dos outros e aprende com os outros mensagens que contribuem para a construção do seu conhecimento. O autor enuncia razões que levam o indivíduo a comunicar:

- “Conhecer o mundo que o rodeia e no qual está envolvido;
- Partilhar com os outros, as significações e os sentidos do mundo, do seu e dos outros (...);
- Influenciar e persuadir os outros (...);
- Divertir, para se distraírem das outras razões acima referidas (...).” (Lopes, 2004).

ii. O conteúdo e níveis de relação da comunicação

O axioma, do conteúdo e níveis de relação da comunicação, revela que toda a comunicação possui simultaneamente dois níveis: o conteúdo da mensagem que se quer comunicar e a relação entre os elementos que participam num determinado

processo de comunicação. “O conteúdo é do domínio da informação, a relação é do domínio do comportamento e por isso influenciam o conteúdo”, (Lopes, 1991, p. 22). Podemos assim considerar que a dimensão da relação, numa interação comunicativa, é de hierarquicamente superior à dimensão do conteúdo e por isso produz uma metacomunicação, visto que constitui comunicação sobre a comunicação. A relação envolve o conteúdo e adquire o carácter de metacomunicação. Estas duas dimensões (conteúdo e relação) devem estar sempre presentes, uma vez que a relação determina o conteúdo da comunicação e este só adquire significado associado a uma relação. Neste processo de comunicação, mesmo que o conteúdo da mensagem possa ser o mesmo, é possível ter relações completamente distintas.

iii. A pontuação da sequência dos factos na interação

O axioma, da pontuação da sequência dos factos na interação, centra-se na troca de mensagens, no processo de interação entre os participantes. Permite identificar quem comunica, quem responde, quando e como, e portanto, vital na interação entre os participantes em processos de comunicação. Conceição Lopes refere que são identificados três modalidades distintas de pontuação: “como os protagonistas segmentam a sequência das transações; como a sequência é segmentada; e qual a versão que cada um dá do seu próprio comportamento e a interpretação que faz sobre o comportamento do outro”, (Lopes, 2011a, p. 11).

A comunicação comporta uma sequência contínua e alternada de atos comportamentais. Para um observador externo, “uma série de comunicações pode ser vista como uma sequência ininterrupta de trocas”, (Watzlawick et al., 2007, p. 50). A natureza de uma relação depende da forma como os participantes organizam as sequências de interações numa comunicação. Contudo, as pessoas organizam os atos comunicativos de acordo com o seu ponto de vista, a que Bateson e Jackson designaram por “pontuação da sequência de eventos”, (Watzlawick et al., 2007, p. 50). Esta pontuação é resultante de uma diferenciação progressiva das relações e é perfeitamente arbitrária.

Cada participante vai pontuar a sequência dos factos na interação numa determinada maneira: como exemplo, cada participante pode definir o seu comportamento como resposta a uma ação do outro (reação), ou, pelo contrário, definir o comportamento do outro como resposta. Se a sequência dos factos não for pontuada em concordância, por ambos os participantes, tal pode originar conflitos relacionais na comunicação. Por exemplo, numa monótona troca de mensagens do tipo: “Eu falo muito porque tu não dizes nada” e “Eu só não falo porque tu já disseste tudo”, cada participante pontua a sequência dos factos definindo a interação como “estímulo-resposta”, ou seja, “causa-efeito”; assim, no exemplo apresentado, o facto de “não falar” pode ser um estímulo para um e resposta para o outro. Esta incompatibilidade de pontuação dificulta a compreensão da mensagem e afeta também a relação interpessoal; se cada

participante pontuar a mensagem à sua maneira, o resultado serão os efeitos contraditórios da mesma sequência de comunicação.

Não está em causa se a pontuação é “boa ou má” (Watzlawick et al., 2007, p. 51), mas sim o facto de esta pontuação interferir, ou não, no comportamento das pessoas e, portanto, permitir, ou não, estruturar importantes sequências de interação. Assim, tal como o ponto final, na linguagem escrita, permite terminar e iniciar uma nova frase, a pontuação dos factos na interação marca o fim e o início de uma sequência concreta de interações comportamentais; tal como o ponto final permite dar sentido à frase, a pontuação permite o equilíbrio nas interações garantindo estrutura e sentido à comunicação. De igual modo, se os códigos linguísticos e as regras de pontuação não forem acordados, cada participante pontuará a mensagem à sua maneira, resultando efeitos contraditórios na sua interpretação.

iv. As modalidades da comunicação digital e analógica

O axioma, das modalidades da comunicação digital e analógica, refere que os seres humanos podem comunicar, numa linguagem digital e analógica. A comunicação humana não se limita apenas a uma linguagem verbal, é também possível transmitir informação de forma analógica, (Watzlawick et al., 2007). Estas formas de comunicação completam-se e distinguem-se pelo tipo de codificação utilizada, podendo relacionar a linguagem digital ao nível do conteúdo e a linguagem analógica ao nível da relação.

Na comunicação humana, podemos representar a mensagem por palavras, utilizando símbolos linguísticos, ou por outra representação análoga, como por exemplo, uma imagem ou desenho. Como o velho provérbio diz “uma imagem vale mil palavras”. Quantas vezes, uma foto publicada na capa da revista *Time* ou da *National Geographic*, nos transmitem mais informação do que o próprio artigo? “As palavras são sinais arbitrários que se manipulam de acordo com a sintaxe lógica da linguagem”, (Watzlawick et al., 2007, p. 56). Assim, um participante, no processo de comunicação, não é obrigado a designar um determinado objeto, a uma determinada palavra.

A linguagem digital refere-se preferencialmente à comunicação verbal, adapta-se mais ao nível do conteúdo e à transmissão do conhecimento, enquanto a linguagem analógica, representada essencialmente por uma comunicação não-verbal e por uma semântica muito rica, se adequa muito mais ao nível da relação. Os sinais analógicos, ao contrário da linguagem digital, não são arbitrários e têm uma relação mais direta com aquilo que pretendem representar. Na comunicação analógica, por exemplo, é possível interpretar algumas informações a partir dos gestos ou das expressões faciais; no entanto, uma vez que a relação é transmitida essencialmente na linguagem analógica, ela é pouco adequada para expressar corretamente acontecimentos estritamente objetivos.

O ser humano tem necessidade de combinar estes dois modos de comunicação, como emissor ou como recetor e, conseqüentemente, deve traduzir constantemente de uma linguagem para a outra. No entanto, “não só é impossível haver tradução do modo digital para o analógico sem grande perda de informação mas o inverso também é extraordinariamente difícil”, (Watzlawick et al., 2007, p. 61). Assim, para podermos comunicar sobre a relação é necessário traduzir adequadamente a linguagem analógica em linguagem digital.

v. A natureza da relação: interação simétrica e complementar

O axioma referente à interação simétrica e complementar é de grande importância no desenvolvimento dos padrões comportamentais e na observação dos comportamentos interativos dos indivíduos. Refere que qualquer troca comunicativa pode ser simétrica ou complementar. A comunicação simétrica define uma relação baseada na igualdade, enquanto a complementar baseia-se na diferença.

Bateson, citado por Watzlawick et al. (2007, p. 62), descreveu um fenómeno internacional, que observou na tribo latmul da Nova Guiné, a que deu o nome de cismogénese, definindo-o como “processo de diferenciação nas normas de comportamento individual resultante da interação cumulativa entre indivíduos”. Este fenómeno refere-se às reações, de um indivíduo, em resposta ao comportamento de outro. No entanto, é também importante observar que essas reações afetam o comportamento do outro mas com efeitos de repercussão no primeiro indivíduo. Este sistema de relações entre indivíduos tende para uma mudança progressiva. Hoje, tal fenómeno é conhecido como interações simétricas e complementares.

Segundo Bateson, o conceito de cismogénese é feito num “vai e vem” permanente entre o indivíduo e a sociedade. Para uma comunicação humana saudável, é necessário desafiar o indivíduo em procurar o equilíbrio, entre as interações simétricas e complementares (Winkin et al., 1981, p. 30). Assim, apesar das diferenças de comportamento nos indivíduos, é possível desenvolver uma cooperação mútua, onde os comportamentos se tornam idênticos, mantendo assim um sentido de comunidade.

Para explicar a estabilidade de um sistema social, Bateson propôs o conceito de *feedback* negativo para conceptualizar as autocorreções sucessivas do sistema com a capacidade de regressar à estabilidade e convergir para o objetivo comum (Winkin et al., 1981, p. 35).

“A interação simétrica é caracterizada pela igualdade e a minimização da diferença”, (Watzlawick et al., 2007, p. 63), onde cada indivíduo tende a refletir sobre o comportamento do outro. As interações simétricas conduzem-nos a comportamentos idênticos e podem encaminhar o grupo para uma competição. A interação complementar caracteriza-se pela maximização da diferença, onde o comportamento

de um indivíduo parece complementar o comportamento do outro, imposto pelo contexto social e cultural.

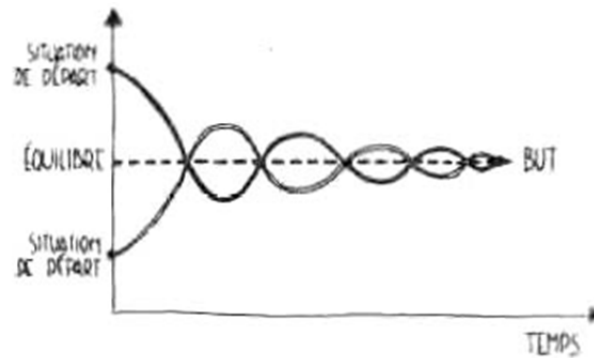


Figura 2: Ilustração do *feedback* negativo na perspectiva de Joël de Rosnay, citado por Winkin et al. (1981, p. 35).

Na comunicação interpessoal, o *feedback* “desempenha um papel importante na realização e manutenção da estabilidade de relações”, (Watzlawick et al., 2007, p. 27); é um processo que pode ajudar na mudança de comportamentos, “dado que o comportamento de cada pessoa afeta e é afetado pelo comportamento de cada uma das outras pessoas”, (Watzlawick et al., 2007, p. 28). Uma comunicação eficaz assenta essencialmente sobre um esquema de relações simétricas, em condições de igualdade, entre o emissor e o recetor, na possibilidade de ouvir o outro e ser ouvido, alcançando o entendimento mútuo. O *feedback* permite fornecer informações sobre como a atuação do indivíduo está a afetar as outras pessoas; tem ainda a possibilidade de ajudar o indivíduo ou o grupo a melhorar o seu desempenho e consequentemente alcançar os seus objetivos.

1.3.2.1. O desenvolvimento da teoria orquestral da comunicação

Prosseguindo com os estudos de Conceição Lopes sobre os axiomas da teoria orquestral da comunicação, expostos por Gregory Bateson e pela sua equipe de investigadores da escola de Palo Alto, segue-se a interpretação da autora sobre o desenvolvimento desta teoria com o axioma da metacomunicação e a inclusão do axioma medium-mensagem que acrescentou em 2007.

vi. O axioma da metacomunicação

O conteúdo e níveis de relação da comunicação definem a relação entre as pessoas, o contexto da comunicação e a forma como deve ser entendida a mensagem. O público-alvo, ao receber uma comunicação, pode intervir sobre ela, questionando-a, pedindo ao interlocutor mais rigor e clareza acerca da informação que é transmitida e que designa o conteúdo da mensagem. Através da linguagem verbal e não-verbal, é possível dar mais destaque à mensagem que queremos comunicar e à forma como ela

deve ser interpretada. A este “aspecto relacional de uma comunicação, sendo uma comunicação sobre uma comunicação”, (Watzlawick et al., 2007, p. 49) dá-se o nome de metacomunicação. Isto significa que a comunicação não se limita a transmitir a informação: ela induz, ao mesmo tempo, um determinado comportamento. Assim, toda a comunicação obriga a um duplo processo: “a compreensão dos conteúdos da mensagem e a interpretação do modo como o conteúdo é apresentado, os subentendidos, os silêncios”, (Lopes, 1991, p. 22). O ser humano não comunica apenas, também metacomunica, ou seja, comunicam entre si sobre a sua comunicação verbal e não-verbal.

Como vimos, a comunicação humana não acontece apenas por palavras (conteúdo - o que é dito); o modo como se fala, as emoções, as expressões e os gestos são outras formas de transmitir informação (contexto/relação - como é dito). O contexto, as experiências pessoais e a relação, entre as pessoas que conversam, transmitem uma interpretação da mensagem, expressa numa comunicação verbal ou não-verbal, constituindo uma metacomunicação. A metacomunicação refere-se ao que é dito, isto é, à forma como deve ser entendido o que foi dito; é qualquer comportamento ou ato de comunicar sobre a comunicação. O comportamento relacional é um ato de metacomunicação e embora se aplique mais na linguagem, a metacomunicação não se restringe a ela.

Antes do Instituto de Pesquisa Mental de Palo Alto, Califórnia, discutir os efeitos pragmáticos (efeitos comportamentais) da comunicação humana, já os engenheiros de computação tinham debatido o mesmo fenómeno nos seus trabalhos. Watzlawick, Bevelas e Jackson comparam os aspetos da comunicação humana com a comunicação de um “sistema artificial”, onde eles avistaram que estes dois aspetos (conteúdo e relação) tinham igualmente que estar presentes, (Watzlawick et al., 2007). Da mesma maneira que a comunicação humana funciona, também “um computador necessita de informação (dados) e informação sobre essa informação (instruções). Assim, as instruções são, claramente, de um tipo lógico superior aos dados; são meta-informação, visto que constituem informação sobre a informação”, (Watzlawick et al., 2007, p. 48). A meta-informação fornece informação sobre a informação, fornecendo as instruções para o tratamento dos dados. A comunicação não transmite apenas informação, mas induz uma ação.

Conceição Lopes refere que a metacomunicação pode ter uma função de regulação da relação e da interação, uma vez que os interlocutores podem precisar dar sentido “às suas mensagens e rectificar deste modo os erros de recepção, de interpretação ou de pontuação da interacção”, (Lopes, 2004). Assim, o axioma da metacomunicação pode ser a garantia de um inter-relacionamento de qualidade e permitir a clarificação das mensagens, evitando por antecipação, a produção de perturbações que possam influenciar negativamente o processo de interação.

vii. O axioma medium-mensagem

A Teoria Orquestral da Comunicação é relevante para a análise do processo da comunicação interpessoal, no entanto, Conceição Lopes considera que estamos perante a inclusão de um novo axioma medium-mensagem neste processo, uma vez que os efeitos dos dispositivos eletrónicos e do aumento exponencial da mediação, estimuladas pelas novas tecnologias e pelos meios de comunicação de massa, é uma realidade cada vez mais presente nas nossas vidas, (Lopes, 2011a, pp. 13-15). Os media fazem parte da nossa vida, influenciam o nosso comportamento e tornam-se cada vez mais imprescindíveis no quotidiano. Segundo a autora, o axioma medium-mensagem dá conta dos usos e da construção das mensagens resultantes da comunicação mediada pela tecnologias ou pelos meios de comunicação de massa. “Considera-se que é pelo uso dos media que se constrói a mensagem”, (Lopes, 2011a, p. 14). As mensagens são construídas a partir da interação simbólica e do resultado do trabalho do indivíduo na compreensão e interpretação da informação que o medium pode proporcionar. Neste contexto, o medium é um nível de aprendizagem e de mudança. Conceição Lopes clarifica que a informação é uma componente da comunicação que pode ser decodificada e interpretada, transformando-se assim em mensagem, (Lopes, 2011a, p. 14). A aprendizagem e a mudança estão associadas à redundância da informação garantindo assim a probabilidade da comunicação. A credibilidade do comunicador envolvido na construção da mensagem, não diz respeito à quantidade de informação transacionada, mas sim, “ao reconhecimento do comunicador que promove a intercompreensão, a meta ideal da comunicação Humana”, (Lopes, 2011a, p. 15).

McLuhan, citado por Lopes (2011b, p. 5), refere que qualquer meio ou contexto afetam profundamente o indivíduo, no modo de pensar, de agir e de perceber o mundo, de si mesmo e dos outros. Com base na compreensão do processo da comunicação de Thompson e dos trabalhos de Bateson acerca da matriz social, nomeadamente da aprendizagem e da ecologia do espírito humano, Conceição Lopes defende que os media, as tecnologias e as diversas linguagens fazem parte do ecossistema humano, (Lopes, 2011a, p. 13); salienta a distinção entre media e tecnologia, referindo que a tecnologia não inclui apenas a máquina (Hardware), mas também todas as formas de processamento da comunicação e informação, incluindo o discurso, escrita, matemática, ciências e computação; postula-se a existência de interações entre a tecnologia, a linguagem e o medium. Assim, Conceição Lopes enfatiza que a linguagem é uma técnica e um medium (Lopes, 2011a, p. 14). Esta questão é reforçada por Conceição Lopes quando refere que o axioma medium-mensagem faz a conexão do axioma das modalidades da comunicação digital e analógica com o axioma do conteúdo e níveis de relação da comunicação, (Lopes, 2011a, p. 14).

A questão da mediação é perspectivada em termos de meio ambiente onde o medium envolve um conjunto de dispositivos mediáticos. Para McLuhan, o medium é um meio de comunicação que “serve de acumulador de valores e tradutores da experiência humana, das suas capacidades e tarefas, em forma de outros materiais”, (Domingues, 2009, p. 105). Na opinião de McLuhan, o medium é a própria mensagem e afeta toda a percepção humana. O importante não é utilizar a tecnologia mas saber o que o homem fez com ela, que “constitui de fato o seu significado ou mensagem”, (McLuhan, 1996, p. 21). Nas suas obras, McLuhan descreve os sucessivos efeitos do medium na cognição humana e na mudança que a tecnologia introduziu nas relações do homem com os outros e com ele próprio. “A percepção é massajada pelo medium, emergindo uma nova noção de realidade”, (Domingues, 2009, p. 108).

McLuhan, na sua obra “Os Meios de Comunicação como Extensões do Homem”, refere que existe uma relação entre a tecnologia, o homem e a cultura. O autor refere que “o meio é a mensagem”, (McLuhan, 1996, p. 21), esclarecendo que toda a tecnologia cria gradualmente num processo ativo, um ambiente humano totalmente novo. Este novo meio de comunicação altera a perspectiva do homem quando este utiliza a tecnologia. Este conceito mostra que a tecnologia dos *media* são prolongamentos ou extensões dos sentidos do homem, afetando a percepção da realidade do mundo. Não está em causa a preocupação instrumental da comunicação, como as condições ideais de transmissão da mensagem, mas antes os efeitos que os *media* produzem sobre o homem e com as características intrínsecas de cada medium. Assim, o indivíduo não é influenciado pelo conteúdo, mas condicionado pelas características técnicas do meio de comunicação, ou seja, pelas características inerentes ao tipo de mensagem que o meio de comunicação ou cada medium permite transmitir.

McLuhan foi influenciado pelas ideias de Harold Innis, com base na explicação de que o “processo de mudança estava implícito nas formas da tecnologia dos meios de comunicação”, (McLuhan, 1998, p. 82). Esta ideia reconhece que as formas ou características dos meios de comunicação condicionavam a sociedade (e não os conteúdos). A influência real verifica-se sobre a estrutura do pensamento - nível cognitivo.

Conceição Lopes afirma que na Teoria Orquestral da Comunicação, a inclusão do axioma medium-mensagem, “pode contribuir de modo eficaz para analisar a experiência concreta da relação e dos efeitos dos media no comportamento Humano e dar um contributo para melhor compreender a Ecologia do Espírito Humano”, (Lopes, 2011a, p. 15)

1.4. A UTILIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

1.4.1. A tecnologia nas estratégias de aprendizagem-ensino

Para repensar a educação no século XXI, Portugal elaborou uma agenda de mudança vocacionada para a sociedade portuguesa e intitulada como “Plano Tecnológico - Portugal a Inovar”. Segundo o plano tecnológico, trata-se de uma estratégia que consiste em promover o desenvolvimento e reforçar a competitividade do país, baseando-se em três eixos: conhecimento, tecnologia e inovação, (Tecnológico, 2008). Relativamente ao eixo do conhecimento, pretende-se qualificar os portugueses para a sociedade do conhecimento, criando um sistema abrangente e diversificado de aprendizagem; com o eixo da tecnologia, busca-se vencer o atraso científico e tecnológico, apostando no reforço destas competências e reconhecendo as atividades de investigação e desenvolvimento (I&D); por fim, recorrendo ao eixo da inovação, crê-se ser possível dar um novo impulso à inovação, ser capaz de abraçar boas ideias e pô-las em prática e reinventar soluções.

Para garantir que as inovações tecnológicas estejam ao serviço da educação e que sejam pertinentes no contexto da aprendizagem, é necessário propor diversos desafios, (Tapscott, 2009a, p. 144). Don Tapscott apresenta alguns conselhos e estratégias aos professores, procurando responder com eficácia aos desafios de uma nova geração mediada pela tecnologia, (Tapscott, 2009a, p. 148). O professor deve sair do “palco”, deixar de discursar, começar a ouvir e promover o debate; o professor pode incentivar o estudante para a descoberta e para o pensamento crítico; o professor pode incentivar os estudantes a colaborar entre si, e com outros fora da escola; finalmente, o professor pode adaptar o seu estilo pedagógico, tendo em vista os estilos de aprendizagem de cada estudante.

O plano tecnológico permitiu, entre muitos outros aspetos, “lançar o e-escola, um ambicioso programa reconhecido como boa prática internacional, que já permitiu disponibilizar mais de 250 000 computadores portáteis com banda larga móvel, a preços reduzidos, tendo como foco professores, estudantes e adultos em processo de requalificação; este programa tem como meta atingir 750 000 utilizadores”, (Zorrinho, 2008, p. 3).

No documento divulgado pela comissão europeia “Uma Agenda Digital para a Europa” (Europeia, 2010), define-se o importante papel que a utilização das TIC terá de desempenhar, se a Europa quiser alcançar as suas ambições para 2020. As estratégias nacionais de aprendizagem devem garantir que todos os cidadãos adquiram as competências-chave de que necessitam numa sociedade do conhecimento; por outro lado, também é de destacar a importância da criação de ambientes de aprendizagem abertos, atraentes e acessíveis.

No entanto, Don Tapscott reforça que Portugal está numa campanha para reinventar a aprendizagem para o século XXI e a tecnologia é apenas uma parte dessa vertente (Tapscott, 2009b). O verdadeiro trabalho consiste em criar um novo modelo de aprendizagem.

É habitual afirmar que “a introdução de novos meios tecnológicos no ensino irá produzir efeitos positivos na aprendizagem, porque se pensa que os novos meios irão modificar o modo como os professores estão habituados a ensinar e os alunos a aprender”, (Miranda, 2007, p. 42). No entanto, esta asserção nem sempre é verdadeira e não garante uma melhor aprendizagem. É necessário concentrar a nossa atenção na busca de alternativas que assumam que o potencial modelador do meio de comunicação não provém da tecnologia dos mesmos, mas que os seus efeitos estão condicionados em função da “interacção entre a estrutura simbólica das mensagens, as características cognitivas dos estudantes e o contexto em que o estudante trabalha com o medium”, (Coutinho, 2008, p. 102).

Nesta era pós-tecnológica e geração “net generation” (Tapscott, 2009b), há um novo horizonte repleto de desafios, no qual o professor reavalia o seu papel e repensa a educação em função das inovações tecnológicas. Para atingir este horizonte, é necessária a mudança de novos paradigmas, com atividades focadas nos estudantes, privilegiando a investigação e a colaboração; por outro lado, é igualmente relevante integração da tecnologia e da internet na sala de aula que passam a representar uma condição imprescindível, no processo da aprendizagem. Hoje, o papel do professor é cada vez mais importante e deve adaptar-se ao ritmo e às exigências educativas que se esboçam no horizonte, oferecendo uma aprendizagem de qualidade, adequada às novas exigências sociais e profissionais.

Dias Figueiredo, na conferência subordinada ao tema “Retorno ao Futuro”, também defende que os professores têm um papel fundamental na mudança de uma melhor educação do amanhã, pois são os atores do sistema que contactam mais com o estudante, (ticEDUCA, 2010). A mudança não é tanto o que se ensina mas como se ensina. Neste âmbito, o desafio é encontrar outras formas de aprendizagem e estimular a cultura socio-tecnológica; por outro lado, deve-se manter a ligação das escolas com as universidades e promover a investigação/ação desenvolvidas pelos professores. No futuro, é necessário olhar para um novo horizonte onde se possam formar estudantes autónomos, empreendedores, criativos e inovadores, capazes de sobreviver num mundo complexo e de mudança.

Neste contexto, é preciso transformar a escola e as suas estruturas relacional e comunicativa, promovendo a integração dos saberes e a participação ativa dos estudantes no seu próprio processo de aprendizagem. É necessário repensar a escola como um meio de comunicação pois o professor, por ser também um meio de comunicação, tornar-se-á um dos elos mais importantes: deverá preparar-se, de forma adequada e partir à descoberta de novos horizontes e aplicar esta tecnologia no plano

didático inculcido numa estratégia comunicacional; será um promotor da aprendizagem, encorajando e orientando os seus estudantes neste novo ambiente tecnológico. No entanto, “a simples introdução das tecnologias no processo de ensino/aprendizagem não conduz, necessariamente, a mudanças ou melhorias na qualidade do ato educativo. Este processo deve ser acompanhado pelo desenvolvimento de novas práticas pedagógicas, pela transformação da escola, enquanto espaço do saber instituído, e pela redefinição do papel do educador/professor num novo espaço/tempo de aprendizagem”, (Pinheiro et al., 2004, p. 12).

1.4.2. A perspectiva de Papert: Perspetivas pedagógicas no processo de ensino-aprendizagem

Seymour Papert é professor de matemática com investigação na área da inteligência artificial; é reconhecido internacionalmente como um dos principais pensadores sobre a influência da tecnologia na aprendizagem. Papert é o autor de vários artigos relativos aos temas da matemática, raciocínio lógico, inteligência artificial, educação e aprendizagem; é autor das obras “Mindstorms: Children Computers and Powerful Ideas” (Papert, 1980) e “The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer” (Papert, 1993).

No ambiente de aprendizagem, definido por Papert (1993), os estudantes estão a desenvolver projetos diversificados, com temas dos seus interesses pessoais, com a presença do professor para os ajudar nas suas dificuldades. O estilo de aprendizagem deste cenário é designado, por Seymour Papert, por construcionismo (Papert, 1993). Neste ambiente de aprendizagem, o computador torna-se na ferramenta de interação, que proporciona a autonomia do estudante, auxiliando-o na construção de múltiplas áreas do conhecimento, por meio da exploração, experimentação e descoberta. Segundo Papert (1993), o computador é cada vez mais utilizado em atividades que usam a robótica como ferramenta mediadora na aprendizagem de programação; esta ferramenta de instrução contribui para o reforço da aprendizagem e do desenvolvimento do raciocínio lógico do estudante.

O construcionismo é baseado na teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, designado segundo o autor por construtivismo. Segundo o construtivismo, o conhecimento constrói-se constantemente na interação existente entre o sujeito e o objeto. A aprendizagem é um processo centrado no estudante como sujeito ativo e construtivo. Os princípios básicos adotados pelo construtivismo sustentam a ideia de que o conhecimento é assimilado com mais facilidade quando é construído pelo estudante, num processo contínuo de fazer e refazer. Nesta linha de pensamento, o construtivismo pode proporcionar um conjunto de diretrizes que auxiliam na criação de ambientes educacionais colaborativos capazes de apoiar experiências de aprendizagem reais e reflexivas.

O “construtivismo não é um método de ensino e nem uma técnica pedagógica, mas um paradigma aberto para ajudar o sujeito a construir experiências que possam auxiliá-lo na resolução de problemas”, (Antunes, 1998, p. 100). O conhecimento “deve ser construído e contextualizado. Construído com base na realização concreta de uma ação que produz um produto palpável (um artigo, um objeto) e que seja de interesse pessoal de quem produz”, (Valente, 2002, p. 40). Nesta abordagem construcionista, o professor promove a aprendizagem do estudante, para que ele possa construir o seu próprio conhecimento, num ambiente que o desafia e o motiva para a exploração, a reflexão, a depuração de ideias e a descoberta de conceitos envolvidos nos problemas que permeiam o seu contexto.

No entanto, Papert reforça que é necessário adotar novas práticas e criar as condições necessárias, para que o estudante possa adquirir mais conhecimento a partir das suas ações. A posição construcionista compromete os objetivos de ensinar, porque propõe produzir o máximo de aprendizagem, com o mínimo de ensino. Para Papert, o construcionismo é uma reconstrução teórica do construtivismo de Piaget, que considera o sujeito como ser pensante e construtor das suas estruturas cognitivas, mesmo sem ser ensinado (Papert, 1993).

Os princípios do construcionismo de Seymour Papert oferecem um conjunto de diretrizes que auxiliam na construção de ambientes de aprendizagem colaborativos, onde o computador e o robô LEGO mindstorms se tornam ferramentas de interação que proporcionam a autonomia do estudante, auxiliando-o na construção do raciocínio lógico, por meio da exploração, experimentação e descoberta. Segundo Frison e Schwartz, a motivação está ligada à interação dinâmica entre as características pessoais do estudante e os contextos em que ocorrem as aprendizagens (Frison & Schwartz, 2008).

Os modelos de aprendizagem implicados por Norman em *“Things that make us smart”* (Norman, 1993) e Papert em *“Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas”* (Papert, 1980) e *“The children's machine”* (Papert, 1993) têm visões ligeiramente diferentes do papel ideal que a tecnologia pode desempenhar na aprendizagem.

Segundo Papert (1980), a criatividade e a reflexão são características, da atividade de programação que permitem proporcionar ao estudante, num determinado ambiente de aprendizagem, a oportunidade de projetar, construir e programar os seus próprios projetos. Ao reconhecer esta potencialidade, o referido autor desenvolveu, na década de 1960, a linguagem de programação LOGO, mediado pela tecnologia e seguidor das teorias construcionistas. O robô da LEGO, abordado neste estudo, é um desdobramento da programação LOGO de Papert.

A escola está no contexto da sociedade e como tal, vive ou deve viver a mesma revolução tecnológica dos dias atuais - a mesma que foi responsável pela forte necessidade de aprender melhor e de oferecer também os meios para adotar ações

eficazes, (Papert, 1993). As tecnologias de informação, desde a televisão até os computadores e todas as suas combinações, abrem oportunidades sem precedentes para a ação a fim de melhorar a qualidade do ambiente de aprendizagem.

Norman e Papert têm visões ligeiramente diferentes do papel ideal que a tecnologia pode desempenhar na aprendizagem. Os modelos apresentados são por vezes contraditórios: por exemplo, Norman (1993) defende a eficiência na repetição de palavras na aprendizagem do estudante, mas Papert (1993) é da opinião que esta teoria não funciona. Norman defende que a curiosidade e a diversão são elementos motivadores na aprendizagem do estudante, no entanto, embora Papert admita que estes elementos são importantes, considera mais relevante a confiança do estudante e o seu senso de propósito na aprendizagem.

Segundo Norman, existem dois modos predominantes na cognição: o experimental e o reflexivo, (Norman, 1993, pp. 22-26). Relativamente ao modo experimental, adquirimos o conhecimento de forma espontânea, geralmente sem exigir grande esforço nem concentração, manipulando os conteúdos do conhecimento físico ou simbolicamente. Quanto ao modo reflexivo, atuamos lentamente e com muito trabalho, pois este requer ambientes que favoreçam a concentração, a atenção e uma análise cuidada. Na educação, predomina a ideia de que tudo pode ser estudado no modo experimental o que, segundo Norman, é muito grave, porque a maior ameaça atual é querer experimentar quando é necessário refletir. É aqui que a diversão toma o lugar do pensamento. Mais perigoso ainda, é acreditar que o modo experimental pode substituir o pensamento construtivo e independente, assim como também pode tomar o lugar da razão e da reflexão, (Norman, 1993, pp. 26-27).

Norman mostra que o *“edutainment”*, a combinação da educação com o entretenimento, tendem a privilegiar a diversão. Os conteúdos de aprendizagem acabam por ser banalizados, simplificados ou simplesmente esquecidos. O entretenimento pode provocar admiração ao estudante, mas nada oferece em termos de compreensão quanto à aprendizagem dos conteúdos.

Norman defende que o coração da aprendizagem se encontra na fase reflexiva e que a maioria das pessoas não a atinge porque não têm a motivação para o conseguir. Assim, ele propõe a utilização da tecnologia, para fornecer uma (base rica) *“rich database”*, (Norman, 1993, p. 39) de informações e demonstrações, apelando ao lado vivencial do estudante; uma vez que este alcançou a aprendizagem com sucesso, ele está apto para começar, explorando por conta própria, a fase reflexiva. É aqui que, o papel da tecnologia difere, no modelo de aprendizagem, visto que o modelo de Papert se caracteriza por ser uma mistura de experiências com os modos experiencial e reflexivo (Papert, 1993). Na verdade, Papert raramente enfatiza a divisão entre estes dois modos de cognição; considera que a tecnologia pode contribuir mais no processo de ensino e aprendizagem do que a *“motivação”*, (Papert, 1980, p. 97). A ideia é conceder ao estudante uma forma de pensar autónoma, de como se pode *“fazer*

ciência”, ou seja, a busca do conhecimento (Papert, 1980, p. 97); em vez de propor bases ricas de informações e demonstrações, ele propõe uma incubadora de conhecimento interativo, designado por “*microworlds*”, (Papert, 1980, p. 117), que apela o estudante para explorar o lado experiencial e desafiar o seu lado reflexivo. Desta forma, o estudante aprende mediado pela tecnologia, em vez de ser apenas atraído por ela.

Norman e Papert salientam a importância da motivação na aprendizagem, pois um estudante aprende melhor quando quer aprender. Norman (1993, p. 30) defende que o estudante pode ser atraído pela aprendizagem, se forem utilizados métodos que apelam o sentido perceptual popular e de diversão, de forma a ganhar a sua atenção e promover a sua curiosidade. Papert (1980, p. 48) reforça que o fator importante para a motivação está na confiança do estudante em querer aprender. Papert (1993, p. 144) considera o uso da tecnologia LEGO como uma ferramenta que promove a confiança no estudante, envolvendo-o num ambiente confortável e familiar de aprendizagens.

1.5. O LEGO MINDSTORMS COMO MEDIUM E NO ENSINO

A LEGO desenvolveu uma ferramenta pedagógica, especialmente vocacionada para a educação: o kit de robótica LEGO mindstorms NXT. Esta tecnologia reúne condições particularmente vantajosas para a aprendizagem da programação. O kit da LEGO é um artefacto tecnológico mas também um meio de comunicação, um medium, que suporta novas formas de interação e pode constituir um conjunto de potencialidades para a promoção e desenvolvimento da aprendizagem da algoritmia, programação em geral e linguagem C, em particular. O medium LEGO mindstorms é a própria mensagem e afeta toda a percepção do estudante; é um nível de aprendizagem e de mudança que pode proporcionar ao estudante a construção de novos conhecimentos; é um meio de comunicação que possibilita ao estudante a partilha e a transmissão das suas ideias.

Ao incluir o kit LEGO mindstorms NXT, em contexto de sala de aula, na aprendizagem de programação, “é possível permitir que os alunos observem e percebam visualmente a forma como um dado algoritmo funciona”, (Mendes, 2001). A utilização dos robôs pode, pois, contribuir para encorajar os estudantes a experimentar, avaliar e corrigir os seus próprios algoritmos e projetos - atividades fundamentais para a aprendizagem da programação.

O robô apresenta uma linguagem analógica que pode ajudar o estudante a refletir e a transformar os conceitos abstratos em concretos. O robô pode ainda influenciar o comportamento do estudante, a sua relação com os outros e com ele próprio, envolvendo-o ativamente no processo de ensino e aprendizagem. Nesta relação, é necessário compreender que a comunicação não se limita a transmitir mensagens; ela induz simultaneamente um comportamento e para que esta comunicação seja eficaz,

não basta compreender a sequência das instruções que definem o algoritmo que o estudante quer transmitir para o bloco NXT; é necessário descodificar e interpretar o comportamento do robô, uma vez que este é a própria mensagem e representa a forma como o algoritmo funciona ou se comporta. O estudante tem o papel de saber manipular as mensagens que o robô lhe pode proporcionar. Os estudantes interagem entre si, com base nas inter-relações e nos significados que eles atribuem ao comportamento do robô. Estas interações simbólicas e o esforço que cada indivíduo faz, na percepção e interpretação da informação proporcionada pelo robô, permitem ao estudante a construção de novas mensagens, tornando a comunicação possível.

Por outro lado, da mesma maneira que “é impossível não comunicar - porque tudo na vida comunica”, (Bordenave, 1997, p. 59), o estudante também tem intenção de comunicar sobre como o seu algoritmo deve ser interpretado, a fim de observar no robô os efeitos desejados; assim sendo, a comunicação com o medium está composta pelo algoritmo que o estudante quer transmitir e pelas indicações de como ele quer que o algoritmo seja entendido e executado pelo robô. Esta comunicação pode ser chamada de “metacomunicação, isto é: comunicação sobre a comunicação”, (Bordenave, 1997, p. 59). A metacomunicação pode ser feita verbalmente, ou por outras formas não-verbais, tais como gestos, olhares ou até mesmo as emoções reveladas pelos estudantes; permite a clarificação das mensagens e pode melhorar o processo de interação e de interpretação.

Por vezes, o algoritmo pode não ser bem interpretado e, conseqüentemente, o robô não terá o comportamento desejado. Em outras situações, o robô pode ter um comportamento eficaz, mas o estudante necessita de discutir o algoritmo, de forma a melhorar e encontrar uma solução mais eficiente. O estudante, ao analisar o comportamento do robô, pode intervir sobre ele e interagir com os outros estudantes, questionando e interpretando a forma como o seu algoritmo funciona, exigindo mais rigor e clareza na elaboração do algoritmo e no desenvolvimento do seu próprio raciocínio. O robô é o próprio mediador da ação e das relações do grupo de estudantes.

Neste sistema de comunicação, mediado pela robô LEGO mindstorms, podem ser elaboradas atividades com a intenção de resolver eficientemente um problema na forma de um algoritmo, estimular o estudante a construir mensagens e a procurar novos conhecimentos. O estudante pode interagir com o concreto (artefacto tecnológico LEGO mindstorms) e o abstrato (algoritmo), proporcionando, através das mensagens, a interpretação do seu algoritmo e a construção de novos conhecimentos.

1.5.1. O sistema LEGO mindstorms NXT

Em 1998, foi desenvolvido pela *LEGO Group*, em parceria com a *Media Lab* do instituto de tecnologia *Massachusetts* (MIT), o kit didático LEGO mindstorms RCX (*Robotic Command Explorer*). Seymour Papert foi um dos fundadores do MIT Media Lab, onde

desenvolveu a linguagem de programação LOGO em 1968, para programar os movimentos de uma tartaruga. Após o lançamento do RCX, foi lançado no mercado, no ano 2006, o Bloco NXT (*Brick NXT*). Foram introduzidas, neste modelo, mudanças significativas, tanto no Bloco como na parte mecânica do robô. Em 2008, foi lançado a versão NXT 2.0 com o lançamento do novo sensor de cor e de novas peças de construção LEGO.

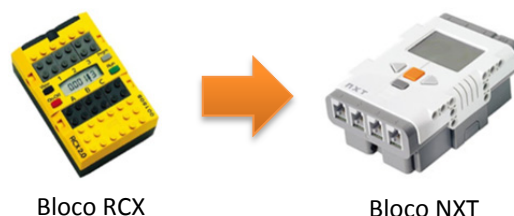


Figura 3: Evolução do Bloco LEGO mindstorms

O sistema de construção LEGO, combinado com a tecnologia “LEGO mindstorms Education”, permite ao estudante “desenhar, construir, programar e testar robôs”, (LEGO, 2008, p. 2), desenvolvendo “habilidades de criatividade e resolução de problemas, juntamente com outros conhecimentos importantes de matemática e ciências”, (LEGO, 2008, p. 2). O grupo LEGO refere que os estudantes, com a tecnologia LEGO mindstorms, também podem desenvolver a comunicação, organização e pesquisa, preparando-os para a mudança e o sucesso, (LEGO, 2008).



Figura 4: Construção Robô LEGO mindstorms Education NXT 2.0

O kit “LEGO mindstorms Education NXT 2.0” é composto por vários tipos de sensores, servomotores interativos e um avançado controlador central com um microprocessador de 32 bits ARM7 (bloco NXT). O bloco NXT permite a comunicação por bluetooth e USB 2.0, vários recursos de download/upload e NXT datalog que permite a recolha de dados criando ficheiros de log de dados no NXT sem usar o computador.

Segundo a LEGO, o kit é constituído por componentes com características e funcionalidades específicas (LEGO, 2008). O bloco NXT é o cérebro do robô, controlado por programas de computador, que toma decisões, proporcionando um

comportamento programável e inteligente. O bloco é responsável por processar os dados, fornecidos pelos sensores, emitir sons ou texto e por mover o robô. O Bloco NXT possui 4 portas de entrada (1, 2, 3, 4) e 3 portas de saída (A, B e C). Os sensores permitem recolher as informações do meio ambiente: o sensor de toque habilita o robô a responder aos obstáculos no meio ambiente; o sensor de som habilita o robô a responder aos níveis de som; o sensor ultrassônico habilita o robô a medir distâncias até um objeto e a responder a movimentos; o sensor de cor habilita o robô a responder às variações dos níveis de luz e cor. Nas portas de saída, podem-se ligar lâmpadas ou motores para se conseguirem movimentos suaves e precisos.



Figura 5: Componentes LEGO mindstorms NXT 2.0

Além destes sensores, o kit LEGO mindstorms inclui peças para construção que permitem a criação de outros robôs, veículos, e uma grande variedade de objetos programáveis.

Depois de construir o robô, é possível programá-lo usando o software “LEGO mindstorms education NXT”. O software possui um ambiente de programação gráfico intuitivo, com blocos que se podem arrastar e soltar, o que o torna fácil de usar mas igualmente poderoso para os programadores mais exigentes. Existem, no entanto, outros compiladores e inúmeras interfaces de programação, como o software RobotC que permite programar em linguagem C, leJOS em linguagem Java, Bricx Command Center em linguagem NXC (Not eXactly C) e ainda, em versão beta, o Microsoft Robotics Developer Studio que permite a programação em linguagem Visual C#.

O estudante pode efetuar o *upload* do programa para o bloco NXT, através da ligação bluetooth wireless ou da porta USB, e executá-lo. Se o robô não teve o desempenho esperado, o estudante pode ajustá-lo ou o seu programa e tentar de novo todo o processo.

CONCLUSÃO DA PRIMEIRA PARTE

Bateson defende que a aprendizagem e a mudança ocorrem num contexto e num processo interativo entre o ser vivo e o meio ambiente, (Bateson, 2000). A interconexão do processo da comunicação, da aprendizagem e da mudança com a

teoria orquestral da comunicação podem clarificar a comunicação humana. As inter-relações e as interações são os meios mais importantes de que o professor pode dispor para desempenhar as suas funções e melhorar a sua prática educativa. Para desenvolver o estudo apresentado na segunda parte desta dissertação, é importante incluir o axioma medium-mensagem na teoria orquestral da comunicação, acrescentado por Conceição Lopes em 2007. Por outro lado, o uso do dispositivo LEGO mindstorms no processo da comunicação pode influenciar a criação de novas formas de ação e de interação no mundo social, para a coprodução da realidade, da aprendizagem e da mudança realizada pelo ser humano. Assim, a comunicação mediada pelo dispositivo LEGO mindstorms pode influenciar o comportamento do estudante e a construção de mensagens com base na interação simbólica e na interpretação da informação que o medium pode proporcionar. Para aprender, não basta memorizar e reproduzir informação; é também necessário construir novos conhecimentos: o estudante deve ser capaz de organizar e interpretar a informação no processo comunicativo, por meio da sua reflexão individual e da sua interação e relação com o meio.

No processo de aprendizagem, torna-se necessário desafiar o estudante a procurar novos padrões comportamentais, a classificar a informação e a criar vínculos ou estruturas de diálogo com outros ambientes ou contextos. O estudante deve abordar os processos comunicativos, numa visão sistémica, interdisciplinar, circular e evolutiva, nas quais o *feedback* adquire uma importância determinante. É importante preparar o estudante para a mudança do seu carácter, dos seus hábitos atuais, da sua maneira de interpretar e participar nas interações cumulativas entre ele próprio e os outros; é-lhe também necessário aprender a aprender e a meta-comunicar. A aprendizagem constrói-se através da comunicação, sem resistir à mudança, num processo relacional e interativo, entre os estudantes e o meio.

Com este retrato, pretende-se desenvolver estratégias de comunicação e de aprendizagem mediadas pelo dispositivo tecnológico LEGO mindstorms e preparar o grupo de estudantes para atingir o equilíbrio e convergir para um objetivo comum. O estudante assume um novo papel: ele deve reagir às diferenças, compreender as interações e construir mensagens, gerar novos comportamentos individuais, mas também as regras sobre como e quando gerá-los. A aprendizagem é resultante, da experiência ativa do estudante, traduzida pelo esforço individual e não pelo resultado das experiências. Desde uma simples instrução do programa ao movimento do robô ou às mudanças comportamentais do grupo de estudantes, é possível existir padrões relacionais que ligam toda esta realidade. Este sistema de relações contemplará a construção da mudança.

SEGUNDA PARTE: METODOLOGIA

CAPÍTULO 2. ESTRATEGIA DE COMUNICAÇÃO E DE APRENDIZAGEM

2.1. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

Tendo em conta o apresentado na introdução da dissertação, apresenta-se de seguida a metodologia adotada, começando por evidenciar a questão de investigação, a finalidade e os objetivos.

2.1.1. Finalidade, objetivos e questão de investigação

O presente trabalho está focalizado na promoção e desenvolvimento da utilização do robô LEGO mindstorms NXT, como medium de comunicação, na aprendizagem de algoritmia e de programação.

Este trabalho tem como objetivos: contribuir para a melhoria do processo da aprendizagem dos estudantes da disciplina de PSI, do curso profissional técnico de GPSI, e também para a melhoria da prática docente, nomeadamente no ensino-aprendizagem de algoritmia no mesmo curso profissional. Pretende-se também verificar a existência de mudanças na aprendizagem de algoritmia e de programação, tendo-se envolvido os estudantes e o docente da disciplina em causa, fruto das intermediações dinamizadas pelo docente na utilização do dispositivo de comunicação LEGO mindstorms.

O estudo é orientado no sentido de responder à seguinte questão de investigação: Qual a matriz do processo de comunicação mais eficaz que o docente da disciplina de PSI, do curso profissional de técnico de GPSI, pode dinamizar e potenciar as aprendizagens de algoritmia e de programação dos estudantes, recorrendo à mediação comunicacional do robô LEGO mindstorms NXT?

2.1.2. Metodologia adotada

Tendo como base a finalidade e as opções inicialmente feitas quanto aos objetivos, optou-se por começar esta investigação adotando uma metodologia de Investigação-Ação, uma vez que é um método de onde sobressai o envolvimento participativo e cooperativo do investigador e demais participantes no trabalho de investigação, neste caso os estudantes, já que serão eles que vão dar um *feedback*

acerca das suas experiências de utilização. Mas, as contingências da prática induziram a sua reformulação para um estudo exploratório e descritivo. O estudo exploratório procura proporcionar uma maior familiaridade com o problema, inicialmente exposto nesta dissertação, de modo a torná-lo mais explícito, (Gil, 2002, p. 41).

Este estudo tem como objetivo responder à questão de investigação e contribuir para a melhoria da prática docente, nomeadamente no ensino-aprendizagem de algoritmia e de programação, utilizando o robô LEGO mindstorms NXT, como medium de comunicação. A sua planificação é, portanto, flexível pois permite considerar vários aspetos relativos ao objeto de estudo. O estudo é descritivo, porque objetiva descrever a existência de mudanças na aprendizagem de algoritmia e de programação.

Assim, foi aplicado um estudo exploratório e descritivo, recorrendo-se a métodos fundamentalmente qualitativos, baseados na observação, uma vez que o investigador se interessa mais pelo processo de comunicação do que simplesmente pelos resultados ou produtos que, porventura, venha a obter. Optou-se pela observação participante, uma vez que o estudo assenta na interação entre o professor investigador e os estudantes diretamente envolvidos nas experiências práticas.

2.1.3. Contextualização institucional do estudo

Tendo em conta a problemática e o problema acima explicitados assim como o objeto de estudo da dissertação, o estudo exploratório tem como base o processo de aprendizagem dos estudantes da disciplina de PSI, do 10º ano, do curso profissional de técnico de GPSI, da ESEN de Viseu, dando-se especial ênfase à tríade comunicação-aprendizagem-mudança.

Assim, segue-se uma breve apresentação da escola, onde foi implementado o estudo. No anuário 1998/1999 (A. N. Oliveira, 1999, p. 5), Nazaré Oliveira refere que a Escola foi criada por decreto de 9 de dezembro de 1898, com o nome de “Escola de Desenho Industrial de Viseu”, para funcionar na nobre Casa do Arco, onde já tinham lugar a escola prática de agricultura, os correios e telégrafos, as obras públicas, o posto agrário e o posto zootécnico. A inauguração solene, anunciada na imprensa local e com editais afixados, foi em 24 de Janeiro de 1900. As aulas começaram com 88 alunos e 2 professores, o Dr. José Augusto Pereira, diretor, e Almeida e Silva, pintor viseense. Em 1915, a escola de desenho industrial é convertida em “Escola Industrial e Comercial Emídio Navarro de Viseu”. Não foi uma simples mudança de nome, mas uma alteração de estrutura, com a introdução do curso elementar de comércio e montagem das oficinas. Em 1948, a escola muda de nome para “Escola Industrial e Comercial de Viseu”: em 1979, com a unificação do ensino, passou a “Escola Secundária de Emídio Navarro - Viseu” e tem, atualmente, pouco mais de 1000 alunos e 139 professores.

Ao longo da sua existência centenária, tem sabido vencer os desafios, adaptando-se às novas exigências contextuais, através da diversificação da sua oferta formativa e

educativa, nomeadamente preparando os jovens para a vida ativa ou respondendo ao seu anseio, sempre exigente, do seu ingresso no ensino superior. Para além de possuir um corpo docente estável, que se caracteriza pelo rigor e qualidade, tem também disponível um conjunto de equipamentos tecnológicos que ajudam a projetar o presente no futuro, fazendo da ESEN um espaço de reflexão, debate e liberdade.

O ano letivo de 2010-2011 fica também assinalado pela requalificação da escola, que deu ao conjunto dos edifícios uma nova harmonia, cunhando uma imagem que marcará os próximos anos.

Especificamente, o curso técnico de GPSI é dirigido a estudantes que tenham terminado o 9º ano e foi homologado pela portaria 916/2005 de 26 de setembro. Aos alunos que concluírem com aproveitamento o presente curso profissional será atribuído um diploma de conclusão do nível secundário de educação e um certificado de qualificação profissional de nível 3, o que permite o prosseguimento de estudos no ensino superior, nos termos legais previstos para esse efeito, em igualdade de circunstâncias com os restantes alunos do ensino secundário. O curso tem a duração de 3 anos letivos, com um número total de 3100 horas, repartidas equitativamente pelos 3 anos.

O técnico de GPSI é um profissional qualificado que, de uma forma autónoma ou integrado numa equipa, realiza atividades de conceção, especificação, projeto, implementação, avaliação, suporte e manutenção de sistemas informáticos e de tecnologias de processamento e transmissão de dados e informações. O carácter abrangente e a forte componente técnica do atual plano de estudos permitem a formação de profissionais versáteis, passíveis de se enquadrarem num leque variado de perfis profissionais.

Geralmente, o curso profissional de técnico de GPSI é constituído por turmas heterogéneas onde os estudantes manifestam dificuldades significativas na aquisição e raciocínio lógico-matemático, daí resultando ritmos diferenciados de aprendizagem: “Mesmo a aprendizagem de conceitos básicos e a sua aplicação na resolução de problemas concretos coloca problemas difíceis a muitos estudantes”, (Mendes, 2001).

A agência nacional para a qualificação apresenta o programa homologado da disciplina de PSI, que integra a componente de formação técnica do curso profissional de GPSI, (ANQ, 2005). Este programa garante aos jovens a aprendizagem de técnicas de programação e o desenvolvimento de sistemas informáticos, indispensáveis ao sucesso pessoal e profissional nesta área. A disciplina de PSI, presente ao longo dos 3 anos do curso, tem uma componente essencialmente prática e experimental; as competências a desenvolver na disciplina, entre outras, são estimular o raciocínio lógico, gerir e desenvolver um projeto, estimular a reflexão, a observação e autonomia. É feito o desdobramento da turma a 100% da carga horária das aulas, para se conseguir um melhor acompanhamento dos estudantes durante a execução das tarefas.

No ano em que decorre o estudo, a disciplina do 10º ano tem uma carga horária de 4 blocos (correspondente a 6 horas) por semana e apresenta-se estruturada em 6 módulos independentes, conforme apresentado na Tabela I.

MÓDULOS	HORAS
Módulo 1 – <i>Introdução à programação e algoritmia</i>	36
Módulo 2 – <i>Mecanismos de controlo de execução</i>	36
Módulo 3 – <i>Programação estruturada</i>	36
Módulo 4 – <i>Estruturas de dados estáticas</i>	30
Módulo 5 – <i>Estruturas de dados compostas</i>	30
Módulo 6 – <i>Estruturas de dados dinâmicas</i>	36
TOTAL	204

Tabela I: Elenco modular, da disciplina de PSI, no 10º ano (ANQ, 2005, p. 6)

A aprendizagem da algoritmia e programação em geral, e da linguagem C em particular, habitualmente, segue um conjunto de estratégias, cujos resultados nos estudantes, do curso profissional de técnico de GPSI, nem sempre são eficientes nem eficazes.

Esta dificuldade de aprendizagem foi bem presente quando a ESEN participou no torneio estudantil de computação multilinguagem de Aveiro – TECLA'11, promovida pela escola superior de tecnologia e gestão de Águeda. A 1ª fase do torneio, constituída por cinco problemas, teve início em fevereiro de 2011. As três equipas, uma do 10º ano e duas do 11º ano, participaram com sucesso na primeira fase do torneio e ficaram apuradas para a fase final, agendada para o mês de março, em Águeda. As equipas ficaram no 21º, 28º e 29º lugar, em 150 equipas do torneio. No entanto, a fase final do torneio revelou a grande dificuldade que os estudantes, em geral, têm na resolução de problemas: das 32 equipas participantes na fase final, apenas 6 conseguiram resolver 2 ou mais problemas e apenas uma conseguiu resolver os 5 propostos.

Neste contexto, considerando as finalidades dos cursos profissionais e atendendo ao perfil do estudante que geralmente frequenta o curso profissional de técnico de GPSI, as aprendizagens da algoritmia, programação e da linguagem C são complexas e de difícil apreensão pelos estudantes. Neste contexto, os Kits Educacionais LEGO mindstorms NXT podem ser um contributo útil na promoção e desenvolvimento destas aprendizagens.

2.1.4. Participantes do estudo

Os participantes neste estudo são o professor investigador que leciona na ESEN a disciplina de PSI, do curso profissional de técnico de GPSI e 20 estudantes pertencentes a uma turma do 10º ano, do referido curso.

O critério para a seleção destes estudantes foi o facto de estarem inseridos numa turma que o professor investigador leciona no ano letivo em que se propôs desenvolver este estudo. Participou apenas uma turma do 10º ano, uma vez que o curso técnico de GPSI é o único que integra no currículo uma disciplina de introdução à programação, designada por PSI.

2.1.4.1. Perfil dos participantes

Perfil do professor participante

O mestrado em comunicação multimédia veio proporcionar ao professor investigador uma maior facilidade em se posicionar relativamente aos objetivos da educação, uma maior reflexão e melhor preparação para a docência; vai, outrossim, proporcionar-lhe a possibilidade de dar mais um passo no sentido da sua autonomia e confiança relativamente ao seu papel de “ator” no sistema educativo.

O professor licenciou-se em engenharia eletrotécnica, ramo de informática; adquiriu este grau em 1995, na faculdade de ciências e tecnologia da universidade de Coimbra. Concluiu, na escola superior de educação de Viseu, em 2002, a componente em ciências da educação e projeto de formação e ação pedagógica o que constitui os dois anos do curso de profissionalização em serviço.

Ao longo de 17 anos de atividade docente, a maioria dos quais na escola onde se desenvolve o presente estudo, o professor investigador esteve sempre atento às dificuldades e necessidades que os seus estudantes apresentaram e disponível para atender às suas solicitações, dentro e fora da sala de aula; tentou sempre estabelecer com os seus estudantes relações francas e abertas, facilitadoras do processo ensino-aprendizagem, tornando as aulas mais participativas e promovendo o diálogo.

Nas suas aulas, tem procurado estar sempre atualizado e continua a adotar tal atitude. Relativamente aos conteúdos programáticos que leciona, aborda numa pedagogia e metodologia centradas em projetos e nos interesses dos estudantes, em que estes são o centro da sua própria aprendizagem. No entanto, o professor investigador presente que tem ainda muito para ensinar e muito para aprender, buscando acompanhar os estudantes a percorrer o caminho do sucesso.

Perfil dos estudantes participantes

Os estudantes que participam no estudo estão inscritos na disciplina de PSI, constituída por 20 estudantes, do género masculino. Todos se encontram a frequentar pela primeira vez o 10º ano. As idades variam entre 14 e 17 anos, sendo a média de 16 anos.

Depois de analisadas todas as fichas biográficas preenchidas pelos estudantes no início do ano letivo, o professor investigador debruçou-se fundamentalmente sobre quatro aspetos que considerou mais significativos por poderem interferir na melhoria das situações de aprendizagem; a saber: enquadramento estudante/agregado familiar, percurso escolar, fatores motivacionais e identificação de centros de interesse.

Ao nível da aprendizagem, os estudantes participantes, na sua globalidade, revelam: tendência para falta de concentração nas atividades da sala de aula, falta de hábitos/métodos de trabalho e organização, pouca iniciativa/criatividade, dificuldades nas expressões oral e escrita, dificuldade de compreensão/interpretação de ideias, dificuldades em aplicar os conhecimentos, fraco raciocínio lógico e/ou abstrato e fraco sentido crítico/curiosidade científica.

Fatores de Insucesso Escolar na Opinião dos Estudantes

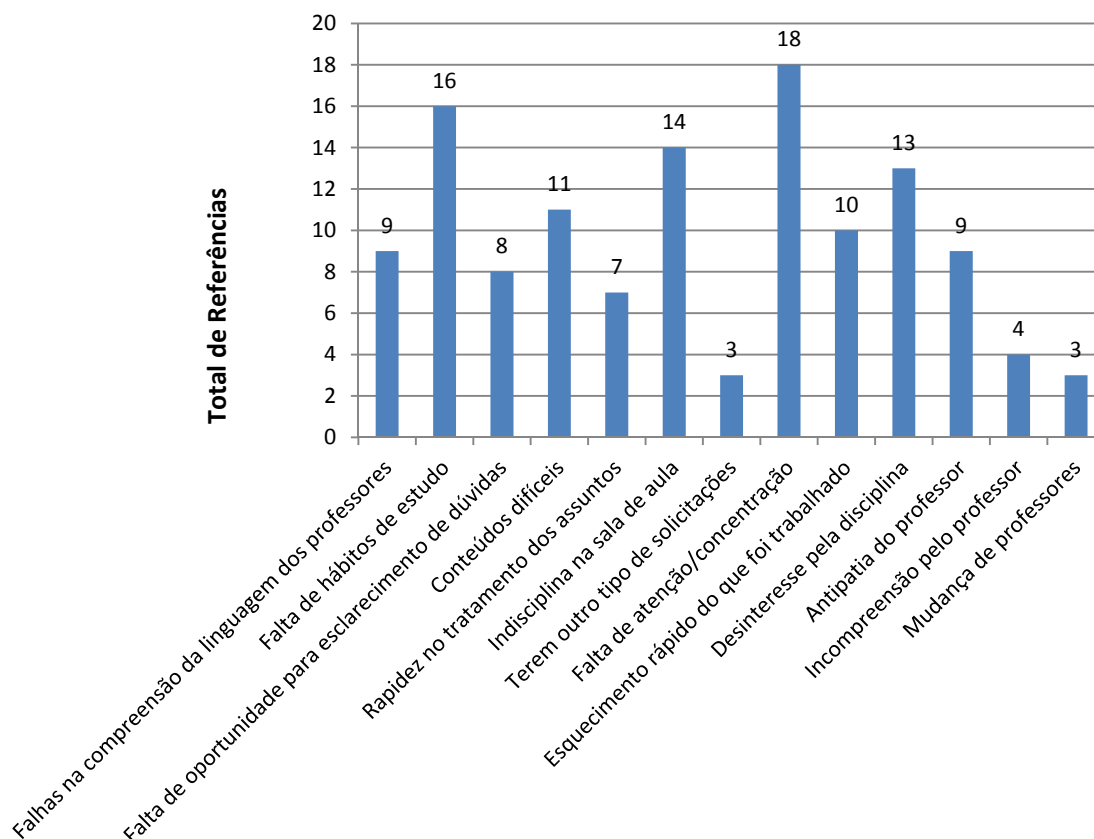


Figura 6: Fatores de Insucesso Escolar na Opinião dos Estudantes

De acordo com a Figura 6, a maioria dos estudantes invocou como principais fatores de insucesso escolar a “Falta de atenção/concentração” e “Falta de hábitos de estudo”, sendo de seguida a “Indisciplina na sala de aula” e “Desinteresse pela disciplina” os fatores mais referidos.

Ao nível comportamental, na generalidade, os estudantes participantes demonstram: imaturidade face ao esperado para o seu nível etário e falta de responsabilidade; e alguns estudantes demonstram dificuldade em assumir a atitude e posturas adequadas e necessárias para o normal funcionamento das atividades letivas.

Em relação ao gosto pelo estudo, 6 estudantes (29%) declararam não gostar de estudar, 8 (38%) gostam às vezes e 6 (33%) afirmaram gostar. Em termos do nível de estudo que os estudantes pretendem atingir, a maioria pretende ficar com o 12º ano e, portanto, não prosseguir. Relativamente à profissão desejada, a maioria dos estudantes não sabe e somente 5 pretendem profissões relacionadas com a informática. As disciplinas mais apontadas como sendo as preferidas dos estudantes são TIC e educação física e as disciplinas de que os estudantes declaram gostar menos são a matemática e o inglês.

Durante o percurso escolar destes estudantes, apenas 9 não possuem qualquer retenção, pois os restantes já obtiveram entre 1 a 2 retenções; somente 5 estudantes declararam estudar diariamente e 3 afirmam estudar com ajuda (mãe/prima/explicador).

Na ocupação dos tempos livres, verifica-se que a atividade a que os estudantes mais se dedicam é a utilização do computador e, de seguida, ver televisão e praticar desporto.

2.1.5. Equipamentos, recursos e espaços essenciais

O laboratório de Informática, onde são desenvolvidas as experiências práticas, é equipado com 14 computadores multimédia da nova geração e um quadro interativo que inclui um videoprojector. Para além dos computadores, são utilizados 8 kits educacionais LEGO mindstorms NXT 2.0, o que permitiu a utilização de um robô por cada grupo de trabalho.

Nas atividades, são utilizadas as aplicações open-source, Dia Diagram Editor, Code::Block e BricxCC:

- Code::Blocks é um IDE multi-plataforma (Linux, Mac e Windows) dirigido para a programação de várias linguagens, incluindo o C/C++, (<http://www.codeblocks.org/>);
- Bricx Command Center (também conhecido por BricxCC) é um ambiente integrado de programação para o Bloco NXT do kit LEGO mindstorms, integrando várias linguagens, (<http://bricxcc.sourceforge.net>). A linguagem de

programação utilizada é Not eXactly C (também conhecido por NXC), desenvolvida por John Hansen, muito parecida com a linguagem C;

- Dia Diagram Editor permite a criação de diagramas incluindo o fluxograma, forma padronizada e eficaz para representar as instruções lógicas de um determinado processamento ou algoritmo, (<http://dia-installer.de/>).

O portal Web “ROBOT.edu – construir o conhecimento”, foi criado para suporte e partilha de recursos foi desenvolvido na plataforma Joomla e alojado no servidor da escola, com o endereço: <http://robotedu.esenvisau.net/>. O portal dispõe de uma área reservada, de um fórum de discussão e de questionários, onde cada estudante pode partilhar as suas opiniões e ideias, assim como refletir acerca da sua participação em cada atividade.

Os recursos em vídeo, desenvolvidos nesta investigação e que deram suporte às atividades experimentais, foram disponibilizados no youtube e no SAPO Vídeos - canal “ROBOT.edu” de “esenvisau”, (<http://videos.sapo.pt/manage/canal.html?id=4>).

2.1.6. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Neste estudo, foram selecionados técnicas e instrumentos de recolha de dados por forma a garantir a sua objetividade e viabilidade. Os dados recolhidos, através das diferentes técnicas, foram analisados e interpretados, para que seja selecionada a informação mais relevante buscando assim responder à questão de investigação.

A observação participante foi uma das técnicas de recolha de dados, uma vez que o investigador foi também um sujeito ativo durante toda a intervenção. Neste estudo, predominantemente qualitativa, “a fonte directa de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal”, (Bogdan & Biklen, 1994, p. 47). A câmara de vídeo foi considerada o “instrumento de observação directa, objectiva e isenta, que regista e repete honestamente os acontecimentos tal como eles sucederam”, (Sousa, 2009, p. 200). Segundo Sousa (2009), a vídeo-gravação proporciona um bom registo sobre tudo o que foi acontecendo durante o tempo da observação das aulas, tal como ações, atitudes, comportamentos, relações, interações estabelecidas e todos os outros acontecimentos que possam ter ocorrido nas sessões de trabalho; por outro lado, reconhece também o investigador que este instrumento de recolha de dados se torna útil e quase indispensável nesta investigação, pois permite as gravações das experiências práticas, a melhoria da fiabilidade do estudo e proporciona arquivos para posterior transcrição e análise. Os materiais em vídeo “são revistos na sua totalidade pelo investigador, sendo o entendimento que este tem deles o instrumento-chave de análise”, (Bogdan & Biklen, 1994, p. 48); o material em vídeo permite ser revisto repetidamente e “pode ser uma fonte ou uma forma de dados em si mesmo”, (Flick, 2009, p. 226). A observação participante permite o registo da

conceção de uma realidade, evidenciada no processo de comunicação, que decorre nas sessões de atividade. Depois de efetuar a revisão de todas as gravações, foi possível transcrever, de forma narrativa e facilmente perceptiva, os principais acontecimentos ocorridos nas sessões, bem como o processo de transmissão de mensagens entre os estudantes e entre estes e o investigador. Segundo Bogdan e Biklen (1994), a gravação é uma fonte de dados que permite ao investigador abordar uma determinada situação de forma escrita e minuciosa; a palavra escrita “assume particular importância na abordagem qualitativa, tanto para o registo dos dados como para a disseminação dos resultados”, (Bogdan & Biklen, 1994, p. 49).

A recolha de dados relativa ao registo das aulas e dos resultados da observação participante é completada com a análise crítica de alguns documentos produzidos pelos estudantes, tal como os tópicos partilhados no fórum do portal “ROBOT.edu”, os algoritmos e os ficheiros dos respetivos programas. O registo de dados obtidos através da observação das vídeo-gravações permitiu ajudar o investigador, no sentido de adotar um pensamento crítico, assim como contribuiu para o melhoramento das suas práticas e estratégias de comunicação.

As transcrições das vídeo-gravações foram efetuadas através do programa informático de análise qualitativa, NVivo.

Os registos das aulas e o resultado da observação participante, as narrativas onde se descrevem os principais acontecimentos e o processo da comunicação, estão impregnadas de “opiniões pessoais, julgamentos subjectivos e conceitos indefinidos, que dificultam o trabalho final da sua análise e interpretação”, (Sousa, 2009, p. 102). Para ultrapassar esta situação, o investigador preocupou-se com a objetividade na sua integridade e com a honestidade colocadas no relato das experiências, descrevendo detalhadamente e com o maior rigor tudo aquilo que observou. O investigador, ao procurar munir-se da referida objetividade, fê-lo através da técnica da citação direta, evitando quaisquer modificações naquilo que é dito pelos estudantes. A objetividade científica significa ser honesto, recolher os dados na fonte e obter as perspetivas de todas as partes envolvidas nas questões, (Bogdan & Biklen, 1994).

Na sala de aula, o investigador tenta interagir com os estudantes de forma natural e não intrusiva, desenvolvendo com eles uma boa relação interpessoal. O investigador está interessado no modo como os estudantes normalmente se comportam nas sessões e pensam sobre as suas experiências: deste modo, tenta “agir de modo a que as actividades que ocorrem na sua presença não difiram significativamente daquilo que se passa na sua ausência”, (Bogdan & Biklen, 1994, p. 68). Os resultados foram registados através de uma câmara de vídeo digital, colocada num tripé e posicionada estrategicamente num canto da sala, de modo a se obter o melhor ângulo para visualizar todos os estudantes em atividade; outras vezes, a câmara era manipulada pelo investigador ou pelo próprio estudante, para filmar os pormenores de um

determinado comportamento do robô. Este método de recolha não inibiu de forma alguma os estudantes.

Para Uwe Flick (2009), uma análise de vídeo amplia, em vários sentidos, as capacidades de outras técnicas: inclui as partes não-verbais da interação; permite o registro das ações enquanto estas são produzidas; além da observação, permite a captura de uma maior quantidade de aspetos e de detalhes do que aqueles que são apreendidos por observadores participantes nas suas notas de campo.

Terminada a observação das sessões, foi aplicada a entrevista por questionário, como técnica de recolha de dados. A entrevista por questionário permitiu formular uma série de perguntas vocacionadas diretamente aos estudantes, permitindo estudar as suas opiniões, atitudes e pensamentos, (Sousa, 2009, p. 153). O questionário permitiu também obter informações acerca das opiniões, interesses e motivações dos estudantes, das experiências realizadas, do processo de aprendizagem e das suas interações com o robô LEGO mindstorms. O questionário é fechado, uma vez que a formulação das perguntas, a sua ordem e a gama de respostas estão previamente definidas. A informação recolhida foi analisada de forma anónima e confidencial, tendo em conta todas as respostas obtidas pelos inquiridos. Para a análise estatística dos dados, recorreu-se ao programa informático de análise quantitativa de dados SPSS. Foi efetuado o registo da entidade “Carlos Manuel Rodrigues de Almeida”, no sistema de monitorização de inquéritos em meio escolar e o pedido de autorização do inquérito n.º 0159900001, com a designação “Mindstorms na Aprendizagem da algoritmia e Programação”. O pedido de realização de inquérito em meio escolar foi autorizado pela direção-geral de inovação e de desenvolvimento curricular (DGIDC), uma vez que, submetido a análise, cumpre os requisitos de qualidade técnica e metodológica.

Como houve fotografia e vídeo realizados na sala de aula, foi feita a comunicação à comissão nacional de proteção de dados para saber os procedimentos a utilizar acerca da proteção das imagens recolhidas. Foi-nos respondido que era suficiente a obtenção da autorização expressa dos encarregados de educação dos estudantes e do diretor da escola. Assim, foram solicitadas aos ditos as devidas autorizações para a participação neste estudo e respetivo uso da imagem; todos autorizaram a aplicação de questionários e procedimento dos registos fotográfico, áudio e/ou vídeo nas aulas de PSI. Foi também aprovado pelo diretor da escola a aplicação de questionários, registos fotográfico, áudio e/ou vídeo nas aulas de PSI e a aplicação e divulgação do projeto de investigação em estudo.

2.1.7. Estratégias de comunicação e de experiência conducentes à recolha de dados

Lembra o investigador que, com este trabalho, pretende-se promover a utilização do robô LEGO mindstorms NXT, como medium de comunicação, e dar um contributo para

a melhoria do processo da aprendizagem dos estudantes da disciplina de PSI, do curso profissional técnico de GPSI. Para dar cumprimento a esta finalidade, este estudo explora uma estratégia de comunicação e de aprendizagem, baseada na teoria orquestral da comunicação e na inclusão do axioma medium-mensagem por Conceição Lopes, mas também, com influências do construcionismo de Seymour Papert.

A estratégia de comunicação centra-se no paradigma “Mindstorms na Aprendizagem da Algoritmia e Programação” e promove um ambiente de aprendizagem que proporciona ao estudante a oportunidade de programar, experimentar, avaliar e corrigir os seus algoritmos, por meio da exploração, experimentação e reflexão. Com esta estratégia, pretende-se promover a comunicação interpessoal e as interações entre os grupos, o estudante e o artefacto LEGO mindstorms, em contexto de formação profissional, por forma a potenciar o desenvolvimento do raciocínio lógico, o reforço da aprendizagem e a construção de novos conhecimentos. Esta estratégia de comunicação é direcionada para o processo de coprodução da aprendizagem e da mudança praticada pelos estudantes; permite compreender e refletir sobre a influência do comportamento e do relacionamento dos estudantes no processo da aprendizagem mas também na construção e transmissão de mensagens resultante das inter-relações e da interação cooperante, mediada pelo dispositivo de comunicação LEGO mindstorms.

É indispensável que, neste ambiente de comunicação e aprendizagem, o estudante se sinta familiarizado com o tema e atraído pela tecnologia, realizando em grupo programas e experiências úteis que parecem divertidas, mas sem desprezar o nível de dificuldade inicialmente imposto. Como Norman (1993) descreve, esta atração gera curiosidade, motivando o estudante para a aprendizagem. No entanto, este tipo de motivação pode não ser suficiente para resolver um problema. Segundo Papert (1980), o estudante deve ter confiança nas suas capacidades cognitivas para poder resolver o problema. Assim, esta estratégia de comunicação deve promover a construção da confiança e mostrar de forma clara ao estudante o propósito da sua percepção, ou seja, as razões pelas quais o estudante está motivado levam-nos a entender claramente o propósito da sua aprendizagem.

2.1.7.1. Processo de comunicação

A matriz do processo de comunicação, que deu suporte à estratégia de comunicação e aprendizagem conducente à recolha de dados, pode ser esquematizado conforme o esquema da Figura 7.

O modelo matricial do processo de comunicação da Figura 7 pode ser estudado segundo as dimensões sintática, semântica e pragmática, segundo os investigadores da escola de Palo Alto, (Watzlawick et al., 2007).

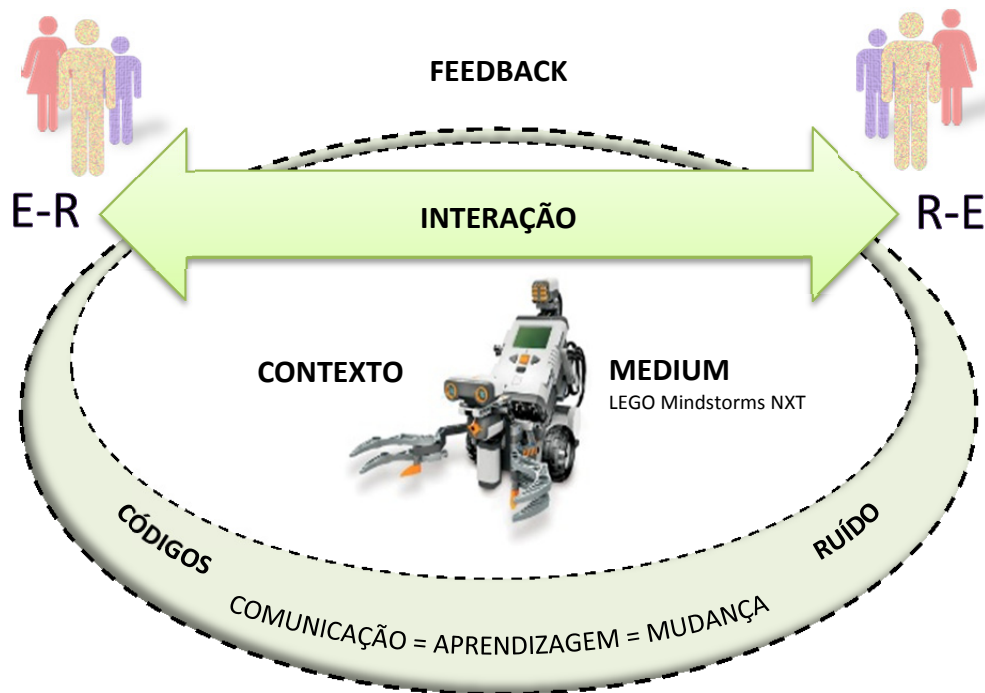


Figura 7: Modelo matricial do processo de comunicação

A dimensão sintática é referente à transmissão da informação, aos problemas da codificação, à transmissão e à recepção da mensagem; é análoga à teoria matemática da comunicação de Shannon. A semântica é centrada no significado da mensagem e na forma como o seu significado é produzido e compreendido. A pragmática é referente aos efeitos comportamentais da comunicação humana, influenciados pelo dispositivo de comunicação LEGO mindstorms.

Este modelo matricial, previamente definido, mediado pelo dispositivo de comunicação Lego mindstorms, envolve a interação e a inter-relação de vários elementos que constituem o sistema.

O elemento essencial deste sistema é o artefacto LEGO mindstorms NXT: é o principal agente mediador e proporciona ao indivíduo novas formas de sentir, de pensar e de se relacionar com os outros, de acordo com as diferenças e os padrões comunicativos, onde ele desenvolve as suas experiências. O robô pode ajudar o estudante a pensar e a transformar os conceitos abstratos em concretos, envolvendo-o ativamente no processo de ensino-aprendizagem. O robô LEGO mindstorms é um dispositivo de comunicação e o suporte para a transmissão de mensagens. O sistema é também constituído pelo grupo de estudantes e pelo professor, que representam o público interessado em resolver um problema comum na forma de um algoritmo e codificado na linguagem de programação NXC; outro elemento é o ambiente que envolve os estímulos externos específicos e as condições nas quais ocorrem o comportamento de

cada indivíduo. O público interage, reflete e defende a sua opinião; cada indivíduo tem um papel ativo na transmissão da informação, exprimindo-se através da tecnologia. A aquisição de hábitos de comunicação, assim como as capacidades de meta-comunicar e de aprender a aprender, são características fundamentais no indivíduo; ele é, ao mesmo tempo, emissor e recetor, capaz de construir o seu próprio conhecimento, através de uma aprendizagem autónoma. O estudante elabora o algoritmo com a intenção de transmitir informação a alguém, num determinado contexto e com objetivos bem definidos. O estudante tem um propósito: a intenção de expor e partilhar, através do robô LEGO mindstorms, o seu algoritmo e o seu raciocínio, por forma a solucionar um problema; partilha experiências, ideias e modos de comportamento. Cada um observa e analisa as interações e o comportamento de cada elemento do sistema: dos estudantes, do robô e de si próprio. As mensagens e as ideias que eles trocam entre si, através do medium são interpretadas, o que promove a mudança na aprendizagem e produz efeitos sobre o comportamento de cada interveniente no processo de comunicação.

O processo de comunicação assenta na transmissão de mensagens, mas também todas as manifestações do comportamento humano; os indivíduos relacionam-se como seres interdependentes, influenciam-se mutuamente e, juntos, modificam a realidade que os rodeia. Ao longo das experiências, os indivíduos tentam contribuir para uma permanente coprodução da aprendizagem e da mudança, através da percepção e da simbolização. Interessa saber a forma como o indivíduo visualiza e manipula a ação do robô, interagindo com os elementos existentes no sistema. O comportamento do robô constitui uma forma de processar a informação e de clarificar a mensagem e, conseqüentemente, uma melhor maneira de descodificação e interpretação do algoritmo. O robô tem valor de mensagem, uma vez que o seu comportamento e as suas ações são portadores de um significado; tenta dar sentido ao algoritmo, representando-o visualmente por sucessivos itens de comportamento. A percepção dos resultados e o efeito desse comportamento pode ser representado pelo efeito de *feedback*. Para cada programa, transferido para o Bloco NXT, o estudante observa e analisa o comportamento do robô. As interações dos indivíduos e as ações comportamentais do robô, resultantes da execução do programa, são os *feedback's* que o estudante precisa para aprender ou decidir o que deve fazer a seguir. Fornecer *feedback* é informar o outro a respeito do que se achou ou sentiu a respeito de um comportamento ou uma atitude. A comunicação é centrada no significado das mensagens transmitidas pelo robô e na forma como o seu significado é produzido e compreendido, mas centra-se também, nos efeitos comportamentais da comunicação interpessoal, influenciados por esta tecnologia. O estudante não concebe a comunicação apenas no sentido do emissor para o recetor, mas como um processo interativo e circular concentrado no comportamento e na mediação. O objetivo do estudante, neste processo, é muitas vezes modificar os comportamentos, dele próprio e dos outros; quer mudar e aprender; o importante não são os resultados por si só,

mas o desenvolvimento de todo o processo comunicativo, influenciado pela tecnologia. É indispensável explorar todas as formas de comunicação, por meio da reflexão individual e da interação do estudante com os outros e o robô.

Generalizando, a comunicação ocorre em duas etapas num determinado contexto. Numa primeira etapa, a intenção de comunicar pode ser convertida num algoritmo que o estudante pretende estudar para resolver um determinado problema. Com auxílio da aplicação BricX, o algoritmo é codificado na Linguagem NXC e transmitido para o Bloco NXT do robô, em forma de programa. O programa é interpretado pelo robô. Quando este for executado, irá representar o algoritmo por sucessivos itens de comportamento, como tal, o robô tem valor de mensagem.

Na segunda etapa, a mensagem é interpretada, produzindo efeitos sobre o comportamento do público. O robô cria uma fonte de manipulação e mediação, capaz de cativar o estudante, enquanto recetor da mensagem; no entanto, também o pode afastar da possibilidade de transmitir as suas ideias e reflexões. Nesta etapa, o medium tem uma grande influência nos estudantes e pode criar outras formas de ação e de interação coletiva, que permitem um maior grau de recetividade, assim como novas maneiras de relacionamento do estudante com os outros e consigo mesmo. A interação mediada implica uma interação face a face, objeto de análise da teoria da comunicação orquestral; por exemplo, o estudante pode debater com outros o algoritmo, enquanto todos observam o comportamento do robô, combinando assim a interação face a face com a interação mediada na mesma situação interativa. Com a interação face a face, os estudantes partilham experiências, ideias e modos de comportamento que podem minimizar a ambiguidade e clarificar a compreensão da mensagem. É importante salientar, que na interação mediada, é necessário considerar os contextos da informação (algoritmo) no processo de comunicação.

Apesar da diversidade de opiniões e reflexões do público durante a conceção do algoritmo, não se deve ficar restrito apenas pela fase de resolução do problema (solução na forma de algoritmo) ou na fase de implementação do algoritmo numa linguagem de programação (codificação); deve-se tentar descrever a multiplicidade e complexidade das interações existentes no sistema e na coprodução de mensagens.

Cada etapa pode estar sujeita a ruído, uma vez que pode haver problemas na descodificação do código e na receção da mensagem. Na comunicação, podem ser adicionados elementos indesejados, que não foram intencionalmente enviados. Assim, na comunicação é também possível apresentar uma fonte de ruído que pode afetar a precisão da mensagem. O ruído pode influenciar de forma indesejada o comportamento do artefacto LEGO mindstorms; por exemplo, a pouca carga na bateria e a falta de luz ambiente podem interferir na energia fornecida às rodas e na leitura correta do sensor de luz. Existem outros fatores técnicos ou relacionais que também podem influenciar a interpretação correta do algoritmo. No entanto, o ruído

pode também ser considerado um fator positivo, pois leva o indivíduo a modificar e corrigir o algoritmo, contribuindo para o aperfeiçoamento do mesmo.

Vimos, pois, que o algoritmo é uma sequência de instruções codificadas que influenciam o comportamento e a ação do robô. Podemos encontrar no robô padrões de comportamentos previsíveis, o que torna a decodificação mais fácil, ou seja, uma melhor interpretação das instruções do programa ou do algoritmo, uma vez que existe “menos informação”, maior redundância, mais previsibilidade e menos entropia. Assim, quanto maior a previsibilidade de um determinado comportamento no robô, maior o grau de certeza e melhor a compreensão do estudante na interpretação do algoritmo. Tal facto pode então representar uma mudança na construção do conhecimento do indivíduo que recebe a informação.

A redundância pragmática, explicada por Watzlawick et al (Watzlawick et al., 1985, p. 37), está bem visível no processo de comunicação, proposto neste estudo, uma vez que o estudante está permanentemente a avaliar, a modificar o algoritmo e a prever o comportamento do robô; quanto maior a redundância pragmática, em geral, melhor serão a compreensibilidade do algoritmo e a capacidade do estudante para resolver o problema.

O *feedback* é um recurso que pode ser utilizado para minimizar o ruído e verificar se a mensagem foi recebida e interpretada de forma adequada. O princípio do *feedback* deve ser entendido como um sistema circular, onde a comunicação é vista como um todo, integrando diversos comportamentos. O robô LEGO mindstorms constitui também um item de comportamento que comunica algo ao estudante e este reage à comunicação com outro item de comportamento-comunicação. Assim, o significado da mensagem (algoritmo) só pode ser apreendido se o estudante for capaz de descrever os diversos comportamentos do robô, participando em processos de comunicação, a nível da troca de interações.

O *feedback* é o retorno de informações ao estudante, acerca dos resultados obtidos, do seu desempenho e do seu comportamento; assenta na percepção dos resultados e nos efeitos comportamentais do robô, necessários para o estudante aprender ou decidir o que deve fazer no código do programa ou no algoritmo. Evidentemente, o *feedback* pode ser positivo ou negativo, mas é capaz de reestabelecer o equilíbrio, através de autocorrecções sucessivas. A sua finalidade é maximizar o desempenho do estudante, proporcionando-lhe grandes oportunidades de crescimento e evolução.

No processo de aprendizagem, o *feedback* pode ser entendida como uma ideia ou uma opinião, ou seja, como uma manifestação sobre o que pensa ou sente o estudante a respeito de algo ou alguém. Todo o grupo de estudantes tem opiniões sobre os comportamentos do robô e podem manifestá-las a qualquer momento. No entanto, há uma grande diferença entre uma opinião e a realidade: por mais evidente que seja a opinião de um estudante, trata-se da relação do indivíduo com uma determinada

experiência, da percepção que ele formou sobre a realidade e o meio ambiente. Um *feedback* eficaz ajuda o indivíduo ou o grupo a melhorar o seu desempenho e, conseqüentemente a alcançar os seus objetivos.

Como já referido, o artefacto LEGO mindstorms NXT representa o medium mas é importante destacar que este atua de forma intensa no sistema, provocando ações e reações, modificando a forma de comunicar, uma vez que o interesse do público é comum e partilhado pelos estudantes que se relacionam entre si. O robô procura modificar comportamentos, atitudes, representações ou conhecimentos dos estudantes, influenciando mesmo aqueles que não o fariam de forma espontânea. É o meio ou canal de comunicação que possibilita a emissão e receção de mensagens. Sem dar importância ao conteúdo e ao significado, a mensagem torna público um pensamento e um raciocínio, traduz e confirma ideias, transformando-as em modos de comportamentos, incluindo os sons, imagens e todos os movimentos produzidos pelo robô. Esta estratégia representa esta nova visão e nova forma de comunicação.

O medium é o veículo que possibilita a informação e a comunicação. Na perspectiva pragmática, a ação comportamental do robô, representa as intenções do estudante (propósito), uma vez que este tenta representar o algoritmo; representa a receção da mensagem. Todo o comportamento do robô tem valor de mensagem e, nesse sentido, fala-se de comportamento como equivalente de comunicação. Ao analisar a ação comportamental do robô, estamos também a analisar e partilhar o algoritmo: por outro lado, a ação comportamental do robô é, simultaneamente, um estímulo, uma reação e um reforço a outros estímulos, promovendo-se assim a comunicação interpessoal, num processo interativo concentrado no comportamento.

O medium cria uma fonte de manipulação e mediação, capaz de cativar o público, enquanto recetor da mensagem, no entanto, também pode afastar o público da possibilidade de transmitir as suas ideias e reflexões. Este afastamento pode ser derivado da massificação das mensagens e da padronização das respostas que pode impedir a diversidade mental e criadora do estudante. Mas o principal objetivo do medium é modificar o comportamento do estudante, o que na prática se traduz na possibilidade de o ajudar a mudar e a aprender.

2.1.7.2. Ligação dos axiomas ao processo de comunicação

A ligação dos axiomas da teoria orquestral da comunicação e a inclusão do axioma medium-mensagem, no sistema de comunicação, permitirão compreender melhor o processo de transmissão da informação e da interação entre os estudantes.

Podemos afirmar que, em cada experiência ou atividade concreta, na sala de aula, o professor, os estudantes e qualquer dispositivo tecnológico, por estarem presentes, influenciam o comportamento dos interlocutores. Independentemente do tipo de mensagens ou comportamentos há comunicação, mesmo quando esta não é

intencional, consciente ou bem-sucedida. O robô LEGO mindstorms possibilita ao estudante a criação de novas experiências, simulando uma comunicação interpessoal; qualquer acontecimento ou comportamento do robô LEGO mindstorms pode ser entendido como contendo uma mensagem - não se pode não comunicar.

Se o estudante pretender que o robô, de forma autónoma, possa afastar-se de um obstáculo, este necessita da informação lida pelo sensor e da informação sobre essa informação, ou seja, não pode prescindir das instruções do programa que lhe permitem desviar-se do obstáculo, consoante o valor devolvido pelo sensor. Estas instruções são desenvolvidas e transmitidas pelo estudante, e resultam da interação entre a estrutura simbólica do programa, o raciocínio lógico, experiências pessoais dos estudantes e o contexto em que o estudante interage com esta tecnologia. A comunicação entre os estudantes e o robô não se limita apenas à transmissão do algoritmo: ela induz simultaneamente um comportamento. Nesta interação, existe a intenção do estudante de comunicar sobre como se deve interpretar o algoritmo, a fim de observar no robô, de forma eficaz e eficiente, os efeitos desejados. É importante que o estudante veja no robô a interpretação do seu algoritmo. Para que esta interação seja bem-sucedida, não basta compreender a sequência das instruções do programa que definem o algoritmo, pois é também necessário interpretar o comportamento do robô, uma vez que este representa a forma como o algoritmo funciona. Para tal, o estudante deve metacomunicar, ou seja, comunicar sobre a comunicação. Assim, metacomunicação é definida pela interação entre o conteúdo e a relação com o robô: sempre que o estudante comunica com o robô, o algoritmo transporta um conteúdo, mas também um conjunto de informação acerca da relação que se pretende estabelecer (contexto em que o algoritmo é apresentado).

A pontuação da sequência dos factos na interação permite melhor compreender as principais fases da atividade de programação do robô. Durante a fase de implementação e codificação do algoritmo, existe a necessidade de selecionar e pontuar as sequências comunicacionais entre os estudantes. Do possível desacordo nessa pontuação vão resultar diferenças, por parte dos estudantes, na interpretação dos comportamentos do robô, ou, na própria visão da resolução do problema. Por outro lado, se os estudantes não conhecerem a sintaxe da linguagem de programação ou se as instruções não forem bem explícitas, cada estudante pontuará o algoritmo à sua maneira, resultando efeitos contraditórios na mesma sequência comunicacional. Não está em causa se a pontuação é “boa ou má”; o que interessa é que seja possível estruturar algoritmos distintos e alternativos, capazes de solucionar o mesmo problema.

Nas experiências, para além da interação com os outros indivíduos, o estudante pode interagir com o robô LEGO mindstorms e o algoritmo, respetivamente com o concreto e o abstrato. Para além da linguagem verbal, estabelecida pelos indivíduos no processo de comunicação, o algoritmo também representa a linguagem digital, objetiva, que

contém as instruções estruturadas segundo uma sintaxe lógica, rigorosa, complexa e poderosa. No entanto, os símbolos, utilizados nesta forma de comunicação não são suficientes e apresentam carência semântica nas relações. A linguagem digital, representada pelo algoritmo, distingue-se pela sua complexidade, flexibilidade e maior capacidade de abstração e, por isso, torna-se muito difícil a transmissão de conceitos abstratos. O robô, por sua vez, representa a linguagem analógica, que funciona essencialmente com base no comportamento e confere uma semântica muito rica, uma vez que o comportamento do robô pretende representar visualmente o algoritmo desenvolvido e transmitido pelo estudante. O robô, ao contrário do algoritmo, não é arbitrário e tem uma relação mais direta com o raciocínio lógico que o estudante tem intenção de apresentar. A linguagem analógica também valoriza as interações comportamentais entre os participantes e estas podem ser exploradas pelo medium, no processo de comunicação. No entanto, para metacomunicar, é necessário encontrar uma tradução adequada entre a linguagem analógica e a linguagem digital, a fim de minimizar as perdas na comunicação. Assim, através da observação, o estudante deve ser capaz de traduzir corretamente o comportamento e ação do robô, para que seja possível efetuarem as possíveis correções e melhorias no seu algoritmo.

Durante as atividades experimentais, mediadas pelo dispositivo de comunicação LEGO mindstorms, o grupo tende a comportar-se de modo semelhante (simetria) ou de modo diferente (complementar). O robô pode estabelecer um nível saudável de simetria, proporcionando condições de diálogo entre o grupo, onde cada estudante tende a refletir sobre o comportamento do robô e como a sua atuação está a afetar os outros estudantes. De forma alternada ou simultânea, essa simetria equilibra-se através de interações complementares, ou seja: os estudantes desenvolvem, nas suas atividades, uma cooperação mútua, ao mesmo tempo que se diferenciam pelas suas ideias, pelas suas próprias capacidades de compreensão e de raciocínio. Mas, apesar das diferenças, os estudantes tendem a adotar atitudes e comportamentos idênticos e a manter o espírito de grupo, mantendo assim um relacionamento fluido, de enorme complexidade, mas equilibrado.

O estudante, implicitamente, conta com o imediato e contínuo *feedback* da audiência (professor e outros estudantes), o que contribui para a manutenção e estabilidade das relações. Este *feedback* pode ajudá-lo ou ao grupo na mudança de comportamentos e na melhoria do seu desempenho, alcançando os seus objetivos. O professor, para transmitir o conhecimento, tem que interagir com os estudantes, com *feedback* imediato, ajustando as metodologias de comunicação em função dos resultados alcançados, ao nível da aquisição de conhecimentos e competências, criando assim um canal de comunicação eficaz.

Como já referido anteriormente, a inclusão do axioma medium-mensagem permite a construção de mensagens a partir da interação simbólica e do resultado do trabalho do estudante na compreensão e interpretação da informação que o medium pode

proporcionar. Deste modo, é possível corrigir possíveis erros de receção, de interpretação ou de pontuação da sequência de interações entre os estudantes, a tecnologia, a linguagem e o medium. O axioma medium-mensagem faz a conexão do axioma das modalidades da comunicação digital e analógica com o conteúdo da mensagem que se quer comunicar e da relação entre os elementos que participam na comunicação. Os comportamentos do robô e do indivíduo influenciam o algoritmo, uma vez que este transporta conteúdo e um conjunto de informações acerca da relação que se pretende estabelecer. Por outro lado, o algoritmo só adquire significado se for associado ao comportamento do robô e às relações dos estudantes.

2.1.8. Planificação e descrição das realizações

Este estudo pretende contribuir para a melhoria do processo da aprendizagem dos estudantes da disciplina de PSI, pertencentes a uma turma do 10º ano, do curso profissional de técnico de GPSI, da ESEN de Viseu.

Para dar cumprimento a este objetivo são planificadas sessões onde são desenvolvidas experiências práticas, tendo em conta a estratégia de comunicação proposta na Figura 7, por forma a verificar a existência de mudanças na aprendizagem de algoritmia e de programação, fruto das intermediações dinamizadas pelo professor na utilização do robô LEGO mindstorms.

Como a disciplina tem uma componente essencialmente prática, a turma é desdobrada a 100% na carga horária, de modo a permitir um maior acompanhamento aos estudantes durante as sessões. Foram assim constituídos 2 turnos, ambos com 10 estudantes. Os estudantes foram distribuídos em pequenos grupos de trabalho, com 2 elementos, proporcionando-lhes uma participação mais ativa nas experiências práticas. Foi disponibilizado, para cada grupo, um computador e um kit LEGO mindstorms NXT onde se incluiu um robô previamente construído pelo professor investigador. Os estudantes escolheram livremente os elementos de cada grupo e o seu lugar no laboratório de informática, onde foram decorridas as experiências. Durante cada sessão, os estudantes puderam deslocar-se livremente pelo laboratório de informática, comunicar com os colegas, debater estratégias e partilhar soluções. Nas sessões, foi possível desenvolver as inter-relações, partilhar experiências, opiniões, dúvidas, êxitos e emoções.

2.1.8.1. Planificação

A implementação da matriz do processo de comunicação e aprendizagem da Figura 7 desafia o professor-investigador a planificar sessões de atividade/experiências, com a utilização do dispositivo de comunicação LEGO mindstorms, agregando estratégias que favoreçam a reflexão e a interação, de forma a desenvolver um ambiente que contribua para a melhoria do processo de aprendizagem. A planificação cuidada e

estratégica das experiências práticas assim como o processo de comunicação e relações estabelecidas com os estudantes são fundamentais.

A estratégia de comunicação e de aprendizagem, implementada nas sessões, pode ser encarada como um circuito de *feedback*, dado que o “comportamento de cada pessoa afeta e é afetado pelo comportamento de cada uma das outras pessoas”, (Watzlawick et al., 2007, p. 28). Na verdade, Gregory Bateson, Watzlawick e os restantes investigadores do Instituto de Pesquisa Mental de Palo Alto centram-se na troca de informação, num modelo sistémico e cibernético, sustentado pelo princípio do *feedback*, (Winkin et al., 1981, p. 321). Eles não discutem o porquê das pessoas terem este comportamento, mas antes procuram entender como se comportam eles e como se influenciam mutuamente. O *feedback* assenta essencialmente nos efeitos comportamentais do robô, na perceção dos resultados obtidos e no desempenho do estudante em aprender ou nas decisões que tomou durante o processo de programação. No entanto, nas relações interpessoais, muitas vezes, os estudantes preferem acomodar-se a uma determinada situação; deste modo, para ultrapassar este comportamento dos estudantes, é aplicado nas sessões o modelo de ensino experiencial (EXE) proposto por Joplin (1995).

O EXE expandiu-se e tornou-se um dos modelos educacionais mais influentes na área de ensino, fundamental na Bélgica e Holanda. A partir de 1991, ocorreu a disseminação do modelo para outros países europeus, inclusive o Reino Unido. Segundo Laevers (2009), o EXE oferece uma base conceitual que se tem mostrado útil em vários contextos, tais como no ensino secundário e em qualquer tipo de ambiente onde ocorre aprendizagem e desenvolvimento profissional.

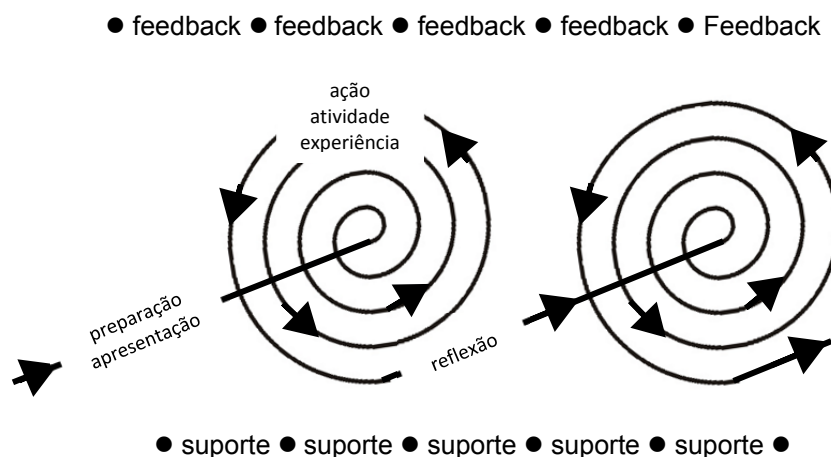


Figura 8: Modelo de ensino experiencial, elaborado por Laura Joplin

O modelo assenta em 5 estágios e segue o processo de “ação-reflexão”, com o objetivo de promover experiências ao estudante e facilitar a sua reflexão. Este processo é fundamental para desenvolver a capacidade de reconhecer e definir

problemas, equacionar soluções, pensar estrategicamente, introduzir modificações no processo de trabalho, atuar preventivamente, transferir e generalizar conhecimentos. Cita também, a importância de permitir o desenvolvimento de competências e de habilidades comunicativas, de expressão e comunicação em grupos, cooperação, trabalho em equipa, exercício de negociação e relação interpessoal.

Na Figura 8, a espiral central é a “atividade”, precedida pela “preparação” e sucedida pela “reflexão”; ao seu redor, temos um ambiente pleno de “suporte” e “*feedback*”.

O primeiro momento dos cinco estágios constitui a apresentação, que define e prepara o estudante para a atividade a realizar. É, pois, apresentada a atividade e os seus objetivos.

Em segundo lugar, sugere-se a ação, momento em que o estudante deve envolver-se no desafio de forma física, mental, ou emocional, num ambiente não familiar, que requer o uso de novas competências ou aprendizagens recentes.

A terceira e quarta etapas constituem o suporte e *feedback*, que estão presentes em toda a experiência de aprendizagem. Um suporte adequado permite que o estudante não desista da sua atividade, pois, pretende-se demonstrar-lhe que não está sozinho e que a ajuda está sempre disponível. Um *feedback* apropriado permite assegurar que o estudante tem as informações necessárias para continuar a desenvolver a atividade experimental. O suporte transmite ao estudante confiança e segurança, estimulando-o para o desafio e para a vontade de querer aprender e experimentar. O *feedback* inclui comentários sobre as atividades realizadas pelo estudante e a sua interação com o processo; funciona como uma ferramenta de equilíbrio responsável entre o estudante e o professor, ou seja: uma ferramenta que permite a troca mútua de experiências e a autonomia do estudante, visando a tomada de novas decisões. O *feedback* torna-se mais compreensível quanto mais específica for a informação.

A última etapa constitui a reflexão, que permite o reconhecimento e a avaliação da aprendizagem. A reflexão ajuda o estudante a instruir-se com a experiência. O objetivo é tornar o estudante consciente da sua aprendizagem, criando um compromisso positivo para recomeçar um novo ciclo de cinco estágios.

Joplin (1995) salienta que a experiência por si só não é suficiente para ser chamada de educação experiencial, pois é o processo de reflexão que transforma a experiência em educação experiencial.

Com já referido no capítulo 1, Papert (1980) reforça a importância da motivação na aprendizagem, pois um estudante aprende melhor quando quer aprender. O mesmo autor considera que o uso do robô LEGO promove a confiança no estudante, envolvendo-o num ambiente confortável de aprendizagens; a tecnologia explora o lado experiencial e promove a reflexão, desafiando o estudante para o pensamento autónomo e para a busca de um conhecimento interativo.

O uso de robôs na sala de aula, como medium de comunicação, pode ser insuficiente se o professor-investigador não preparar e planificar de forma adequada as atividades para promover a interatividade. A primazia do professor-investigador é de encontrar estratégias complementares capazes de estimular e manter a motivação do estudante no ambiente de aprendizagem. Em 1979, Keller (1979), citado por Liao and Wang (2008), desenvolveu o modelo de motivação ARCS, capaz de responder a estes desafios. Este modelo fornece orientações para analisar o nível de motivação de um grupo de estudantes. A motivação, no processo de aprendizagem possui 4 princípios estratégicos de base - atenção, relevância, confiança e satisfação - que devem ser consideradas na implementação do desenho de instrução, (Keller, 2000). Assim, foram considerados estes 4 princípios base na implementação das sessões, de forma a conceber um ambiente de aprendizagem, onde o estudante possa aprender com mais interesse, confiança e motivação.

Para cada um dos princípios base do modelo ARCS, Keller apresenta 3 “grandes-estratégias”, (Keller, 2006), apresentadas na Figura 9:

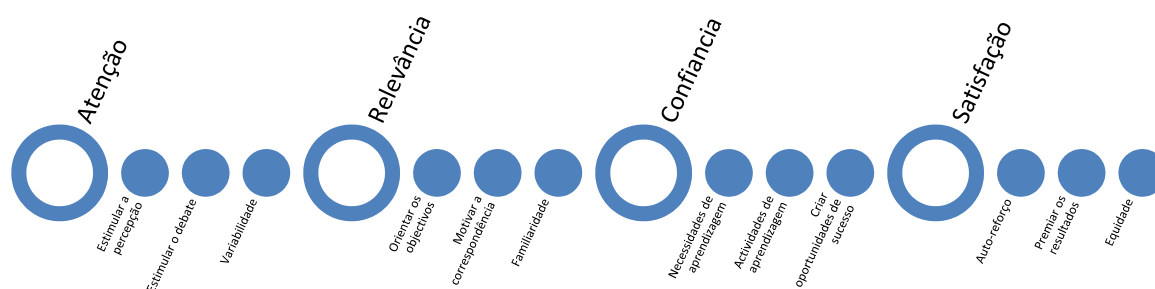


Figura 9: Dimensões do modelo ARCS

O objetivo do primeiro princípio é ganhar toda a atenção do estudante, principalmente no início da atividade, estimulando a percepção e o debate, integrando variedades de métodos e técnicas de ensino, por forma a manter a atenção e estimular o interesse do estudante.

Uma vez conquistada a atenção do estudante, é necessário adotar outra estratégia: fazer corresponder os conteúdos aos seus objetivos, necessidades e interesses; quanto maior importância for dada a essa correspondência, maior será a motivação do estudante. Pretende-se também dar oportunidade ao estudante para escolher o método mais adequado ao seu estilo de aprendizagem, facilitando a sua compreensão e relacionando o seu conhecimento com as competências já adquiridas.

O terceiro princípio, a confiança, pretende estimular o estudante para a construção de expectativas de sucesso, demonstrando que o resultado positivo é baseado no seu

esforço, competências e responsabilidade pessoais; outrossim, pretendem fazê-lo acreditar que o referido sucesso não é consequência de fatores externos, como por exemplo, a sorte ou a facilidade do desafio. Devem ser criadas oportunidades de sucesso, através da realização de atividades e de *feedback*, para que o estudante ganhe confiança, estabelecendo uma relação de causa/efeito entre o seu sucesso e o seu esforço.

Se os estudantes estão atentos e interessados na sua aprendizagem, e moderadamente desafiados, então eles estarão motivados para aprender. Mas, para manter esta motivação, é necessária a satisfação. Este princípio está relacionado com os sentimentos positivos do estudante em relação às experiências de aprendizagem realizadas; por outro lado, fornece oportunidades significativas para os estudantes usarem os seus conhecimentos e competências recém-adquiridas.

Brophy (1987) identifica a competição como um dos princípios para motivar os estudantes a aprender durante a realização das experiências de aprendizagem. Uma competição adequada dá incentivo e oportunidade ao estudante para ganhar prémios ou reconhecimento pessoal.

2.1.8.2. Fases do estudo

Numa primeira fase e durante o 1º período do ano letivo 2010/2011, o investigador fez um ensaio, na sala de aula, utilizando o dispositivo de comunicação LEGO mindstorms NXT e tentou integrar a robótica no currículo da disciplina de PSI. Nesta fase, foram planificadas e desenvolvidas, em algumas aulas, experiências práticas mediadas pelo robô LEGO mindstorms, por forma a estimular o raciocínio lógico do estudante e prepará-lo para a resolução de problemas mais ou menos complexos. A construção do robô foi posta em 2º plano, uma vez que os grupos já possuíam um, previamente construído pelo professor-investigador, privilegiando apenas o processo de programação. Foram elaborados algoritmos e programas para o robô, tentando tornar a aprendizagem da programação mais interessante e mais confiável para os estudantes, onde a algoritmia e a interação com o robô fossem a base essencial para a aprendizagem de programação em linguagem C. Nesse sentido, foram abordados conceitos de robótica, de algoritmia, instruções específicas para a programação do bloco NXT, diferentes operadores, tipos de dados utilizados num programa e as diferentes estruturas de controlo existentes numa linguagem de programação (tais como estruturas de decisão e de repetição).

Foram realizadas, nos dois turnos, sessões de atividade com o uso do robô, 2 vezes por semana, com a duração de 1h30 cada. Este ensaio prático, com duração total de 42h, em cada turno, teve como base, essencialmente, os seguintes objetivos:

- permitir aos estudantes o primeiro contacto com a área específica da robótica;

- conhecer a constituição básica de um robô LEGO mindstorms, identificando os seus componentes;
- participar em experiências que envolvem o uso do Kit Educacional LEGO mindstorms NXT;
- estimular os estudantes e enfatizar o uso do robô como uma ferramenta pedagógica que pode auxiliar a prática de muitos conceitos teóricos estudados na disciplina de PSI;
- programar os robôs, previamente concebidos, tendo em vista os desafios propostos no âmbito do currículo modular da disciplina.

Numa segunda fase, deu-se início ao registo vídeo das sessões, procurando-se assim, responder à questão de investigação que é a base deste trabalho. No entanto, por forma a dar cumprimento ao currículo do curso profissional da disciplina de PSI, o professor investigador adotou apenas dois blocos por semana para a recolha de dados, que sustentaram o campo empírico deste trabalho de investigação. Ao longo deste período, foram propostos aos estudantes diversos desafios e experiências práticas de programação promovendo a comunicação interpessoal e as interações entre os grupos, o estudante e o artefacto LEGO mindstorms, em contexto de formação profissional, por forma a potenciar o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. As experiências visaram desenvolver o espírito crítico e os mecanismos de autonomia de pensamento do estudante, assim como incentivar a discussão acerca das estratégias, métodos de resolução utilizados e das várias soluções alcançadas.

Foi também desenvolvida a plataforma web - ROBOT.edu¹ - associada ao projeto que permite o *feedback* e suporte, disponibilizando de forma livre recursos, vídeos e materiais de aprendizagem, específicos a cada experiência. A plataforma também possibilitou responder a pequenos questionários, a partilha de informação, conhecimentos e opiniões acerca das práticas, assim como, a discussão dos resultados obtidos por cada grupo de trabalho.

Terminadas as sessões práticas, foi aplicada, a todos os estudantes, uma entrevista por questionário para obter informações, acerca das opiniões, interesses e motivações dos estudantes, acerca das experiências realizadas, do processo de aprendizagem e das suas interações com o robô LEGO mindstorms.

2.1.8.3. Descrição das realizações

Em cada sessão são criadas experiências/atividades que devem preparar o estudante para atuar num ambiente de confiança mútua e aceitação, promovendo a participação

¹ <http://robotedu.esenseu.net>

entre eles e o espírito de trabalho, por forma a encontrar soluções eficazes para os problemas que lhes são propostos.

Para que a participação seja mais efetiva, o professor-investigador aplica as estratégias de comunicação e de aprendizagem que são expostas neste estudo e tenta dar apoio aos estudantes para aprenderem e agirem com autonomia. As atividades pretendem proporcionar um espaço, com um nível significativo de envolvimento e de “bem-estar”, para que os estudantes participem na resolução dos problemas, com conhecimentos diferenciados.

Como já foi mencionado, as atividades mediadas pelo dispositivo de comunicação LEGO mindstorms, que fizeram parte da recolha de dados, envolvendo os estudantes e o professor da disciplina de PSI, foram desenvolvidas no 2º período, essencialmente no contexto curricular e modular da disciplina de PSI, do curso profissional de técnico de GPSI. Nesta fase, foram realizadas 6 atividades, 2 sessões de 1h30 por semana, num total de 9 sessões, com a duração total de 13h30 em cada turno.

As realizações desenvolvidas constam do estabelecido da Tabela , envolveu os estudantes e o docente da disciplina em causa. O uso combinado do computador com o robô LEGO mindstorms nas atividades proporciona a ação e a interação do sujeito-alvo com a tecnologia que, a partir do *feedback*, pode refletir e melhorar a sua própria ação, procurando novas estratégias e conhecimentos para resolver os problemas. Este processo de aprendizagem estabelece interações durante as atividades que pode permitir ao estudante atingir uma solução satisfatória e, conseqüentemente, a motivação para aprender.

A planificação e desenvolvimento das experiências e o número de sessões necessárias dependeram, essencialmente, da evolução dos estudantes no processo de aprendizagem, das soluções alcançadas e dos conhecimentos e competências adquiridas. Ao se executar cada uma destas práticas, tentou-se privilegiar a criação de situações que permitissem ao estudante aprender a agir, com autonomia, fortalecendo a ideia que este é capaz de realizar as atividades sozinho.



Figura 10: “Robot Educator” - modelo base utilizado nas experiências

As atividades foram realizadas em grupo, com dois estudantes, recorrendo à utilização de um robô LEGO mindstorms NXT, com base no modelo “Robot Educator” da Figura 10; estão descritas na Tabela II:

SESSÕES	ATIVIDADE EXPERIMENTAL	SUORTE
S00 Duas sessões por semana, durante o primeiro período.	A0 Interagindo com Robôs (Fase Experimental/Ensaio) Percurso em 8; Cálculo da área e do volume com o NXT; Robô Explorador.	Vídeo: “LEGO Mindstorms - Robô Explorador”
S01 22-Fev-2011	A1 Apresentação: Robô Seguidor de Linha Apresentação da atividade Seguidor de Linha; Exibição do vídeo “LEGO Mindstorms: Seguidor de Linha - Introdução”; Debate e reflexão sobre as atividades; Elaboração de alguns algoritmos “seguidor de linha”;	Vídeo: “LEGO Mindstorms: Seguidor de Linha - Introdução” Documento de suporte “Atividade Seguidor de Linha”
S02 24-Fev-2011	A2 Mostra os valores do sensor Revisão de conceitos e partilha de experiências; Programa para ler e mostrar os valores do sensor no visor LCD do NXT; Divulgação e reflexão dos resultados no portal ROBOT.edu.	Documento de suporte “Atividade Seguidor de Linha” Comentários no Portal ROBOT.edu
S03 01-Mar-2011		Código-fonte: Ler_Sensor.nxc
S04 03-Mar-2011	A3 Robô Seguidor de Linha: Controlador de 2 níveis Desenvolvimento do programa seguidor de linha aplicando o controlador de 2 níveis, com auxílio de um algoritmo.	Documento de suporte “Atividade Seguidor de Linha” Código-fonte: SeguidorLinha_2Niveis.nxc
S05 15-Mar-2011 S06 22-Mar-2011	A4 Calibrar o sensor Melhorias para o controlador de 2 níveis; Elaboração do programa “Calibrar o sensor”, com opção de usar ou não o robô; “Brainstorm” sobre os resultados obtidos.	Documento de suporte “Atividade Seguidor de Linha” Fórum do portal ROBOT.edu Código-fonte: Calibrar_sensor.nxc; Calibrar_sensor.c Fórum do portal: “Calibrar o sensor”
S07 29-Mar-2011 S08 30-Mar-2011	A5 Robô Seguidor de Linha: Controlador proporcional Desenvolvimento do algoritmo seguidor de linha aplicando o método proporcional.	Fórum do portal: “Controlador Proporcional” Código-fonte: SeguidorLinha_Propor.nxc
S09 31-Mar-2011	A6 Robô Seguidor de Linha: Partilha de estratégias e métodos alternativos Aperfeiçoamento do controlador proporcional; Partilha de estratégias para o seguidor de linha; Procura de métodos alternativos para o seguidor de linha.	Fórum do portal: “Controlador Proporcional” Vídeo: “LEGO Mindstorms - Controlador Proporcional”

Tabela II: Experiências realizadas – visão global de cada sessão

No âmbito da disciplina de PSI, as atividades de programação têm os seguintes objetivos de aprendizagem, (ANQ, 2005):

- Conhecer vários tipos de variáveis;
- Utilizar operadores e expressões de atribuição num programa;
- Identificar e aplicar funções matemáticas na resolução de problemas;
- Identificar e utilizar as instruções básicas de entrada e saída;
- Conhecer estruturas de decisão e de repetição;
- Desenvolver programas que utilizem combinações entre estruturas de repetição e de seleção;
- Realizar testes e correção de erros;
- Conhecer as regras de declaração e execução de subprogramas;
- Utilizar corretamente parâmetros de um subprograma;
- Distinguir os diferentes tipos de subprogramas;
- Elaborar programas com recurso a subprogramas;
- Saber fazer a distinção entre uma variável simples e uma estruturada;
- Adquirir o conceito de String;
- Conhecer as regras de declaração e manipulação de Strings;
- Apreender o conceito de Array;
- Conhecer as regras da declaração de Arrays;
- Utilizar a estrutura de dados Array na resolução de problemas;
- Diferenciar índice e valor indexado num Array.

Numa primeira fase, seria necessário desenvolver atividades para que os estudantes adquirissem conhecimentos e competências básicas sobre a programação do bloco NXT. Assim, foi desenvolvida a atividade “Robô Explorador”, entre outras atividades práticas, mais ou menos complexas, realizadas no âmbito da disciplina de PSI e mediadas pelo dispositivo de comunicação LEGO mindstorms. Esta fase experimental permitiu desenvolver robôs para aproximar mais os estudantes do ambiente de aprendizagem e permitirem-se assim as primeiras interações com esta tecnologia.

Nesta fase, foi possível interagir com os robôs e desenvolver programas diversificados. Destacam-se as seguintes atividades:

- “Robô Explorador” – o robô percorre a sala de aula, desviando-se aleatoriamente dos obstáculos. Foram incluídos os sensores de toque e ultrassom para a deteção dos objetos. Foi possível desenvolver vários programas, mais ou menos eficientes na deteção e desvio desses objetos. No desenvolvimento de um dos programas, o robô é capaz de escolher e seguir o caminho mais desimpedido, quando este deteta um obstáculo;

- “Percurso em 8” - o robô percorre 6 percursos diferentes em forma do número 8. A mudança de direção do robô é calculada matematicamente, em função do diâmetro e da distância entre as rodas motoras;
- “Cálculo da área e do volume com o NXT” - este robô simples, baseado num modelo do *website* oficial LEGO mindstorms, pode ser utilizado para calcular o comprimento, a área e o volume, rodando a roda ao longo de uma superfície, semelhante a um “Rolling Tape Measure”. O bloco NXT faz os cálculos e apresenta os resultados no visor LCD, em duas unidades métricas. Apesar do interesse e motivação manifestados pelos estudantes, eles não foram capazes de concluir o desafio.

Depois de terminada a fase experimental/ensaio foram realizadas as atividades que fazem parte da análise de dados. As atividades que a seguir se descrevem pretendem desenvolver um robô autónomo que utilize apenas um sensor de cor para seguir a pista num dos lados da linha. O robô deteta o coeficiente de reflexão da luz, emitida pelo sensor, e controla a potência dos motores para decidir se deve virar para a esquerda ou para a direita. A eficácia do robô vai depender da eficiência da saída do controlador que permite corrigir o erro detetado; o erro representa o desvio que o robô fez, em relação à trajetória da linha.

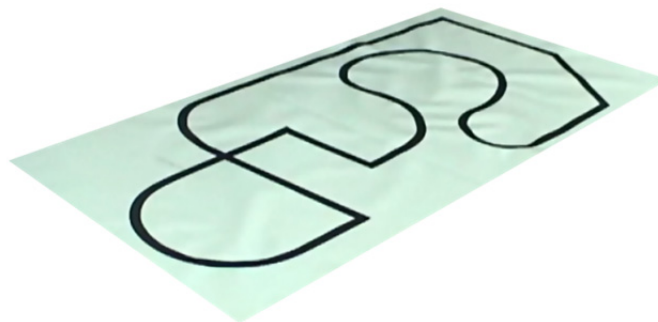


Figura 11: Pista fechada utilizada nas experiências

A linha do percurso é de cor preta e delineada com fita isoladora, com cerca de 2 cm de largura. O percurso, traçado pela linha apresenta várias situações que podem dificultar a elaboração do algoritmo: a linha tem uma interceção; contém curvas de 90º em ambas as direções; tem duas linhas muito próximas uma da outra (a uma distância de 3,5 cm).

O seguidor de linha é um conceito importante e de grande interesse para os investigadores na área da condução autónoma, uma vez que os automóveis sem condutor começam a ser uma realidade.

A introdução da atividade é feita com a exibição do filme “LEGO Mindstorms - Seguidor de Linha”. O filme mostra os comportamentos do robô quando são aplicados três

métodos distintos para seguir a linha: o controlador de dois níveis, o controlador proporcional e o controlador de 3 níveis. A exibição do vídeo pretende conquistar a atenção e a motivação dos estudantes. São discutidas e registadas as diferenças em ambas as experiências e implementados alguns algoritmos para o robô seguir a linha.

Primeiramente, foi implementada a atividade “Mostra valores do sensor”, para o estudante aprender a programar o sensor e escolher o método de leitura mais adequado para o robô seguir a linha. O programa pretende mostrar no visor LCD do bloco NXT os valores lidos pelo sensor de cor; desta forma é possível conhecer, com mais detalhe, os valores lidos pelo sensor enquanto o robô percorre a linha.

Posteriormente, foi desenvolvida a atividade “Robô Seguidor de Linha: Controlador de 2 níveis”. Com esta atividade, pretende-se desenvolver um programa simples para seguir a linha, utilizando o controlador de 2 níveis e tendo como suporte um algoritmo em pseudocódigo. O controlador deteta apenas tonalidades de cores branca e preta, permitindo ao robô decidir se deve virar para a esquerda ou para a direita, a uma velocidade constante. Se o robô seguir a pista pelo lado direito da linha, tem apenas dois comportamentos possíveis: vira para a esquerda se o sensor detetar a cor branca, ou vira para a direita se detetar a cor preta.

De seguida, foram explorados com os estudantes outros métodos para percorrer a pista; por exemplo, o controlador proporcional pode oferecer melhorias significativas no robô seguidor de linha, nomeadamente minimizar a oscilação e suavizar a mudança de direção. Este método constitui o início de uma grande meta que os estudantes devem alcançar. Assim, os estudantes tentaram desenvolver um programa de seguidor de linha que utilize o controlo proporcional para corrigir o erro, aplicando uma função linear na energia dos motores. Para que o controlador possa utilizar a função linear de proporcionalidade direta, é necessário calibrar primeiro o sensor, ou seja, conhecer a gama de valores lidos pelo sensor. Para buscar esta solução, foi utilizado o sensor de cor no modo FULLCOLOR para a deteção da linha; neste método, o robô segue a linha preta contornando-a pelo lado esquerdo.

Antes de aplicar o método do controlador proporcional, foi sugerido aos grupos de trabalho que desenvolvessem um programa que pudesse calibrar o sensor de cor. O programa termina, mostrando no visor LCD o valor mínimo, médio e máximo dos valores lidos pelo sensor. Para calibrar e calcular corretamente a gama de valores lidos pelo sensor, antes de executar o programa, deve-se colocar o robô na pista, posicionando o sensor em cima da linha preta. Na execução do programa, enquanto o robô roda cerca de 45º para a esquerda, são feitas sucessivas leituras do sensor para calcular os valores mínimo e máximo. É calculado de seguida o valor médio. Na prática, este valor representa o lado da linha. O valor médio é a referência que o robô precisa para percorrer a pista. O processo de calibração termina quando o robô roda para a direita até encontrar o lado esquerdo da linha: o robô está pronto para a seguir. Para completar esta atividade, foi também sugerido, aos estudantes, um programa em C, no

sistema windows, desenvolvido no Code::Block, para simular a calibração do sensor. Neste programa não foi utilizado o bloco NXT. O utilizador introduz no teclado os valores que representam a leitura do sensor. No final, o programa calcula e mostra no ecrã os valores mínimo, médio e máximo dos valores que foram introduzidos. Esta atividade pretende que o estudante relacione o programa da calibração do sensor, desenvolvido no bloco NXT, com outro semelhante, igualmente desenvolvido na linguagem C, mas direcionado para o sistema Windows.

Depois de aplicado o controlador proporcional, o professor-investigador desafiou o grupo a criar, aprender e partilhar estratégias alternativas para o robô percorrer a pista. Esta nova atividade pretende que o estudante dê o melhor de si, competindo por melhores resultados do programa seguidor de linha. O robô deve percorrer com eficácia toda a trajetória da pista.

Terminadas as sessões e a recolha de dados, surgiu a necessidade de organizar e relacionar conceitos matemáticos, possibilitando a construção de novos conhecimentos e o desenvolvimento de novas soluções para o problema. Foi, então, gerado um trabalho interdisciplinar, com a disciplina de matemática, intitulado “LEGO mindstorms e a matemática”, com a intenção de criar um ambiente favorável para a reflexão crítica sobre os temas transversais e, conseqüentemente, desenvolver no estudante uma atitude crítica e autónoma. Além disso, esta atividade procurou mostrar ao estudante a necessidade de conhecer conceitos matemáticos, em particular sobre a “função afim”, para se ter uma compreensão plena acerca da aplicabilidade do controlador proporcional no programa do seguidor de linha.

Foi feito um trabalho colaborativo, com a docente da disciplina de matemática, proporcionando a partilha de conhecimentos na área da robótica, da programação e da matemática; foi elaborado, em conjunto, uma ficha de trabalho orientadora, para o estudante perceber a aplicabilidade dos conceitos matemáticos na programação e no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. Os estudantes resolveram a ficha, analisando os resultados obtidos com base na observação do comportamento do robô.

Durante a atividade interdisciplinar, foi feita a divisão dos estudantes em quatro grupos, tendo o cuidado de colocar em cada um deles, pelo menos, um estudante que revele menos dificuldades nas disciplinas envolvidas, promovendo a interação e a entreaajuda. Cada um dos grupos possuía um robô para que pudesse observar e analisar o comportamento do robô seguidor de linha e confirmar as suas respostas. Houve um constante *feedback* por parte dos docentes, no que concerne à sua área disciplinar.

Foram produzidos e apresentados aos estudantes alguns vídeos que deram suporte às atividades, inicialmente disponibilizados no Youtube, e posteriormente arquivados no serviço on-line do SAPO Vídeos:

LEGO Mindstorms - Robô Explorador

<http://videos.sapo.pt/CUV46L4Aakjzc71yFZv1>

<http://www.youtube.com/watch?v=dvnJVoJN49M>

O vídeo apresenta os melhores momentos da atividade “Robô Explorador”, realizada nas fases experimental e de ensaio. Foi uma atividade onde foi possível ganhar a atenção do estudante, estimulando o seu interesse para o uso do robô LEGO mindstorms. Foi também possível desenvolver alguns conceitos de algoritmia e programação, na temática das estruturas de decisão e de repetição. No final, a atividade proporcionou alguns momentos de diversão; o vídeo reflete alguns destes momentos.

LEGO Mindstorms - Seguidor de Linha

<http://videos.sapo.pt/ioBnkqz7QPpHRp6syEZ7>

<http://www.youtube.com/watch?v=aUIAc00HaAY>

O vídeo apresenta os preparativos e as primeiras experiências do robô seguidor de linha. São revelados os resultados da aplicação de 3 métodos diferentes para seguir a linha: controlador de 2 níveis, controlador de 3 níveis e controlador proporcional.

LEGO Mindstorms - Experiência Seguidor de Linha

<http://videos.sapo.pt/4zjEaDfcR1ZLWrJI3QSs>

http://www.youtube.com/watch?v=c_uv46dhR84

O vídeo divulga uma curta-metragem que revela as primeiras experiências do robô seguidor de linha. O vídeo mostra alguns resultados positivos, baseado no esforço e competências de dois elementos de um dos grupos de trabalho; também permitiu divulgar e fazer compreender à turma que o sucesso do grupo foi baseado essencialmente no seu esforço e na sua vontade para aprender e experimentar. Para estimular e transferir a confiança nos estudantes, foi realizado o *feedback* sobre os resultados alcançados. No primeiro dia de programação do seguidor de linha, poucos grupos conseguiram obter os resultados pretendidos; no entanto, o professor investigador transmitiu aos estudantes que os desafios não são alcançados sempre pelo mais forte ou mais rápido, mas cedo ou tarde, o vencedor é aquele que pensa que é capaz!

LEGO Mindstorms - Controlador Proporcional

<http://videos.sapo.pt/o4fkfflHzVjMbcFfPMVc>

http://www.youtube.com/watch?v=OYVDdL_EU0Y

Esta curta-metragem revela as experiências dos estudantes no robô seguidor de linha, aplicando o controlador proporcional.

2.1.9. Dimensões e codificação dos dados

Depois da revisão dos dados recolhidos pelos diversos instrumentos, o investigador confrontou-os com a questão de investigação e selecionou a informação que considerou mais pertinente para o processo de interpretação; lembra, a este propósito, que, para Bogdan and Biklen (1994), a análise permite resumir e organizar os dados de modo a fornecer respostas à problemática da investigação.

A recolha de dados foi efetuada através:

- dos registos das aulas, planeamento e resultado da observação participante das 9 sessões. Foi selecionado aleatoriamente um turno para a análise descritiva de dados das 8 primeiras sessões; na última estiveram juntos os dois turnos;
- da entrevista por questionário que foi aplicado a todos os estudantes participantes depois da realização das atividades.

Os estudantes foram codificados com a sigla “E” e numerados de E01 a E20. As atividades experimentais foram identificadas com a sigla “A” e numeradas de acordo com a Tabela II.

Após a conclusão das sessões, foi aplicada a entrevista por questionário (Anexo I) a todos os estudantes participantes, visando medir a sua opinião acerca das atividades. O questionário é constituído por 11 questões fechadas com a escala de Likert e complementado por uma questão aberta, mas na pergunta aberta nenhum estudante se manifestou.

Os inquiridos manifestaram a sua opinião, para cada uma das afirmações, utilizando a escala de 1 a 5, em que 1 corresponde a DT e 5 a CT:

DT - Discordo totalmente;

D - Discordo;

NCD - Não concordo nem discordo;

CP - Concordo parcialmente;

CT - Concordo totalmente.

A recolha de dados, realizada através das vídeos-gravações das aulas e transcritas para análise, focalizou-se em 5 dimensões de análise.

A análise resultou na identificação das seguintes dimensões, previamente definidas:

- A. Dimensão de análise: Relações e interações;
- B. Dimensão de análise: Conexão da comunicação verbal e não-verbal;
- C. Dimensão de análise: Metacomunicação;
- D. Dimensão de análise: *Feedback*;
- E. Dimensão de análise: Efeitos/resultados do uso do robô LEGO mindstorms na aprendizagem.

2.1.9.1. Definição das dimensões

Pretende-se, com a definição de cada uma das dimensões que a seguir se apresenta, melhor compreender os resultados que se esperam vir a obter.

Dimensão de análise: relações e interações

Esta dimensão dá relevo às formas de interação entre os estudantes, o professor e o dispositivo de comunicação LEGO mindstorms. Reúnem-se evidências sobre como se desenvolvem e expressam as interações durante as atividades.

Nesta dimensão, incluem-se três formas de interação: interação face a face; interação mediada e interação mediatizada.

A interação face a face surge no decorrer das atividades quando o estudante, o grupo e o professor-investigador interagem uns com os outros, na partilha de opiniões e sugestões, acompanhadas pela troca direta de perguntas. Todo o comportamento tem o valor de uma mensagem, assim, a troca de palavras pode ser também complementada por gestos e emoções.

A interação mediada ocorre quando se estabelece uma relação com o robô LEGO mindstorms. O estudante tem a oportunidade de expor e partilhar as suas ideias através da tecnologia. O robô pode ter uma grande influência no estudante, criando outras formas de comunicação.

Entende-se por interação mediatizada a situação em que o professor dispõe do videoprojector para difundir um vídeo de suporte à atividade ou quando o estudante estabelece uma relação com o portal ROBOT.edu. Por outro lado, o estudante pode consultar documentos, comentar uma atividade ou participar no fórum do portal web.

Nesta dimensão, estão incluídas as afirmações 5, 8 e 10 do questionário.

Dimensão de análise: conexão da comunicação verbal e não-verbal

Esta dimensão representa o conteúdo e os níveis de relação da comunicação que devem ser permanentemente combinados e traduzidos.

Esta dimensão refere-se à possível capacidade do estudante combinar e traduzir o comportamento e as ações do robô com a sequência de instruções do programa – alias, o algoritmo que se quer comunicar só adquire significado se for associado ao comportamento do robô e às relações dos estudantes. A capacidade de traduzir adequadamente cada ato comportamental do robô torna a descodificação mais fácil e permite ao estudante efetuar as possíveis correções ou melhorias ao programa.

Nesta dimensão, estão incluídas as afirmações 2 e 3 do questionário.

Dimensão de análise: metacomunicação

Nas fases da atividade de programação, o estudante projeta o seu próprio algoritmo como uma potencial solução para o problema. Quando o estudante comunica as suas ideias e transfere o seu programa para o Bloco NXT, também tem a intenção de comunicar sobre como o seu algoritmo deve ser interpretado. O robô representa uma nova forma de comunicação: possibilita a emissão e receção de mensagens que traduzem ideias e que tornam mais claro o algoritmo e a intenção do estudante.

A dimensão metacomunicação pretende recolher informações sobre o que os estudantes comunicam entre si acerca da sua interação com o robô e sobre as mensagens que o robô lhe pode proporcionar. Esta dimensão de análise pretende perceber se a mensagem transmitida pelo robô é compreendida pelo estudante.

O robô tem valor de mensagem, uma vez que a sequência dos seus atos comportamentais indicam o modo como o algoritmo deve ser interpretado. O robô também tem a função de regulação, uma vez que pode orientar o estudante a dar significado ao seu algoritmo e aprimorar deste modo as suas atividades de teste, de depuração e de pontuação da interação.

Neste contexto, dá-se relevo à metacomunicação estabelecida no processo de interação entre o robô e o estudante. A metacomunicação ocorre quando o estudante comunica sobre o seu algoritmo mas também sobre as mensagens que o robô lhe pode proporcionar; ocorre quando o estudante procura dar sentido ao comportamento do robô.

Este processo de comunicação pode ser visto como um processo de aprendizagem que pode melhorar os inter-relacionamentos, as interações dos estudantes nas fases de teste e depuração do programa. Se o estudante recorrer à metacomunicação, então pode aprender a aprender, a corrigir, a pontuar e a aperfeiçoar o seu algoritmo.

Nesta dimensão, estão incluídas as afirmações 1 e 7 do questionário.

Dimensão de análise: feedback

O *feedback* inclui comentários sobre as atividades realizadas pelo estudante e a sua interação com o processo; inclui a troca mútua de experiências e a autonomia do estudante, visando a tomada de novas decisões. O *feedback* pode ser um processo interativo capaz de modificar os comportamentos, do próprio estudante e dos outros, mas também pode identificar um processo centrado na reflexão individual e no restabelecimento do equilíbrio, através de autocorrekções sucessivas.

O *feedback* pode ser também utilizado pelo professor para regular e corrigir erros de receção ou de interpretação das mensagens. Se o estudante manifestar dificuldades, o professor pode apoiar o estudante para a compreensão e interpretação da informação que o robô pode proporcionar. Este apoio inclui troca de mensagens, que pretendem demonstrar ao estudante que a ajuda está sempre disponível, necessária para continuar a desenvolver a atividade; refere-se à transmissão de confiança e segurança ao estudante, estimulando-o para o desafio e para a vontade de querer aprender e experimentar.

Um *feedback* eficaz pode ajudar o estudante ou o grupo a melhorar o seu desempenho e a proporcionar oportunidades para a construção de novos conhecimentos. Quando o estudante é confrontado com o erro, ele autocorrigem-se com auxílio de um *feedback* contínuo o que, na prática, provoca uma certa mudança.

Nesta dimensão, está incluída a afirmação 4 do questionário.

Dimensão de análise: efeitos/resultados do uso do robô LEGO mindstorms na aprendizagem

Esta dimensão de análise assenta na influência do robô no processo de aprendizagem e na construção e transmissão de mensagens resultante das inter-relações e da interação cooperante, mediada pelo dispositivo de comunicação LEGO mindstorms.

O robô pode afetar toda a percepção do estudante, contribuindo para a aprendizagem de algoritmia e técnicas de programação, a partilha e a transmissão das suas ideias.

Nesta dimensão, estão incluídas as afirmações 6, 9 e 11 do questionário.

CAPÍTULO 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A primeira etapa da análise de dados consistiu na transcrição integral das gravações de vídeo, descrevendo-se a dinâmica de cada sessão, nomeadamente aos relacionamentos, interações e comportamentos dos estudantes; posteriormente, os dados foram organizados por atividades procurando facilitar a sua análise. Numa

segunda etapa, foi efetuada uma análise mais profunda e detalhada, em função das 5 dimensões escolhidas, com a finalidade de responder à pergunta de investigação e verificar a existência de mudanças na aprendizagem de algoritmia e de programação, fruto das mediações dinamizadas pelo docente na utilização do dispositivo de comunicação LEGO mindstorms. É apresentada também a análise descritiva dos dados obtidos através da entrevista por questionário. Procedeu-se, por dimensão, à análise descritiva das opiniões dos estudantes e à elaboração de gráficos circulares para melhor as ilustrar.

3.1. DIMENSÃO DE ANÁLISE: RELAÇÕES E INTERAÇÕES

ATIVIDADE A1 - APRESENTAÇÃO: ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA

A interação mediada sobressaiu nesta atividade, quando o professor exibiu o filme de suporte “LEGO Mindstorms - Seguidor de Linha”, que conquistou a atenção e motivou os estudantes. A comunicação face a face coexistiu sempre durante a exibição do filme e contribuiu para a partilha de emoções e percepções. Os estudantes revelavam admiração e curiosidade, refletiam e comentavam alguns acontecimentos; por vezes, os comentários eram de diversão e com alguns risos naturais, mas permaneciam sempre concentrados.

Terminada a visualização do filme, o professor questionou-os. No entanto, apesar das diversas interações, eles não detetaram as principais diferenças das 3 experiências pois não estiveram muito atentos ao texto que passou no rodapé. Foi necessário mostrar novamente a parte final do filme. Quando tal terminou, iniciou-se um debate face a face com o professor que perguntou o que observaram e que, de seguida, desenhou no quadro uma tabela para registar as diferenças detetadas em ambas as experiências. Em geral, os estudantes responderam de forma acertada às questões mas não conseguiram identificar o papel e a atuação do controlador no seguidor de linha.

Quando a interação face a face ocorreu durante o visionamento do filme, foi possível constatar um bom nível de concentração e de envolvimento nos estudantes e conseguiram interpretar com facilidade o comportamento do robô; mas quando ocorreu apenas a comunicação face a face, alguns estudantes revelaram pouca interação enquanto outros permaneciam distraídos. Consequentemente o debate entre o professor e os estudantes ocorreu com algumas interrupções e os estudantes revelaram pouca concentração e motivação.

ATIVIDADE A2 - MOSTRA OS VALORES DO SENSOR

Quando foi iniciada a atividade em geral, os estudantes revelaram algum interesse no uso da tecnologia mas também alguma distração durante a exposição dos conteúdos. O estudante E06 distinguiu-se positivamente pois estava constantemente a anotar no

caderno as ideias mais relevantes; destaco que o uso do caderno é um comportamento que não é comum nas aulas de PSI.

Como referido inicialmente, ocorreu pouca interação entre grupos que revelaram dificuldades em aplicar as diversas funções do sensor no programa. Como programar o sensor era indispensável para que o robô pudesse interagir com o ambiente que o rodeia, foi sugerido à turma que um dos elementos podia utilizar o portátil do professor por forma a apresentar, com o videoprojector, o desenvolvimento do seu programa; tinha-se como intenção demonstrar ao estudante que a ajuda estaria sempre disponível estimulando-o para o desafio e para a vontade de programar e experimentar. Inicialmente, os estudantes mostraram pouco à-vontade em querer programar no portátil do professor e divulgar à turma o seu trabalho. Quando o estudante E05 se levantou e se deslocou em direção à câmara que se encontrava junto do portátil, o professor apoiou-o, dizendo:

Professor: “Podes programar utilizando o meu portátil...”

O estudante E05 respondeu com alguma confiança: “Acha mesmo que é preciso? Não é preciso!”

O estudante E01 tinha sido o único que revelara ao professor que não estava a gostar de trabalhar com os robôs; como não estava motivado, o professor convidou-o a escrever o código-fonte do programa no seu portátil.

O estudante E01 revelou ser um dos melhores da turma a programar na linguagem C, no entanto disse: “Não percebo nada disto...”

O estudante E10 comentou: “Vais aprendendo...”

O estudante E01, perante os comentários da turma, aceitou o convite e foi para o portátil do professor, motivado. O estudante iniciou a programação do robô com a ajuda do professor o que provocou uma mudança positiva. O interesse dele foi crescente, revelando resultados positivos. Quando o estudante E01 foi testar o robô, a maioria dos colegas levantou-se para observar o resultado. A curiosidade instalou-se na turma e desencadeou sucessivas interações entre todos, que expressaram, junto da pista, as suas opiniões e soluções.

Os estudantes continuaram, de forma ativa, a testar o robô na pista e alguns estudantes registaram no caderno os valores lidos pelo sensor; a partilha dos resultados foi constante. O E07 foi ao quadro e participou na construção de uma tabela para os colegas revelarem os resultados devolvidos pelo sensor, nos diferentes modos de leitura. Posteriormente, os resultados também foram divulgados e debatidos no portal ROBOT.edu.

É evidente que o uso do robô motivou os estudantes e incentivou-os para interagirem entre si, no entanto, nem sempre esta interação favoreceu uma postura cooperativa e construtiva do conhecimento. Alguns tornaram-se apenas recetores passivos de

conhecimento, utilizando a informação partilhada, apenas para copiar o código-fonte e executar o programa com uso do robô. Estes estudantes não desenvolveram o sentido de parceria e a capacidade de contribuição; passaram a ser prejudicados por esta forma de interação, uma vez que perderam a oportunidade de aprender a programar. No entanto, a interação com o robô, durante o teste do programa, pode estimular a motivação e o interesse do estudante para experimentar, superando desta forma as suas dificuldades. Neste contexto, descrevem-se os seguintes acontecimentos: o grupo formado com os estudantes E08 e E05 foi testar o robô na pista, mas o código fonte foi-lhes fornecido pelo estudante E02. Este grupo, no início da sessão, não estava empenhado, mas queria também, tal como os outros colegas, testar o robô e inserir um post no portal com os resultados da leitura do sensor. A interação do grupo tendia a ser simétrica de forma a terem um comportamento semelhante aos restantes grupos da turma. No entanto, esta mudança não desenvolveu uma cooperação mútua uma vez que o grupo se limitou apenas a copiar o código. Mas, quando o grupo testou os valores do sensor na pista, revelou uma mudança de comportamento: esteve mais atento e revelou mais empenho e interesse. O professor valorizou as boas atitudes dos estudantes. No entanto o estudante E08 parecia ainda não entender o significado dos resultados obtidos pelo sensor. Com ajuda do professor e suporte dos colegas, o grupo repetiu a leitura dos dados.

A 2ª sessão tornou-se progressivamente mais dinâmica e interativa do que a anterior, com sucessivos testes na pista e debate dos resultados que foram submetidos no portal ROBOT.edu. Os estudantes permaneceram motivados, empenhados e envolvidos na atividade; existiu ajuda entre eles. Alguns apresentaram os resultados no quadro, enquanto outros debatiam o código-fonte do programa para apresentarem, numa só linha, os 3 valores do sensor ou para debateram as diversas soluções para a configuração do sensor.

Apenas os estudantes E01, E03 e E09 desenvolveram pouco ou nenhum trabalho durante esta atividade.

ATIVIDADE A3 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR DE 2 NÍVEIS

Enquanto os estudantes liam os comentários do professor no portal ROBOT.edu relativos à atividade anterior, permaneceram muito calmos e concentrados. Inicialmente houve pouca interação entre eles mas, passado pouco tempo, verificaram-se comentários verbais sobre os posts dos colegas e alguns foram testar os robôs na pista.

Antes dos estudantes iniciarem o programa seguidor de linha, alguns foram mais uma vez testar o robô na pista para registarem os valores do sensor. Compararam os seus resultados com os dados divulgados no portal ROBOT.edu; utilizaram também o código-fonte de outros grupos que entretanto partilharam no portal; partilharam

experiências e reflexões acerca da gama de valores, permitida em cada modo de leitura do sensor; questionaram, entre si, se esta gama de valores podia interferir, ou não, na eficiência do seguidor de linha.

A consulta no portal ROBOT.edu implicou novos testes com o robô que induziram interações face a face entre os estudantes. No início da atividade, desenvolveram-se mutuamente as três formas de interação, combinando interações com os estudantes, o professor e o robô LEGO mindstorms.

O professor promoveu a competição nos estudantes: “Vamos ver qual o primeiro grupo a mostrar resultados...”

Alguns estudantes começaram por revelar pouca dinâmica na realização da atividade de programação, mas pouco a pouco, começaram a interagir com outros grupos para debaterem, juntos, o código do programa. Entretanto, os restantes estudantes estavam empenhados em desenvolver a tarefa no seu local de trabalho. A maioria trocou opiniões e estratégias durante a programação; interagiram em pleno, partilharam opiniões acerca do código e ajudaram-se mutuamente na deteção e correção de eventuais erros de compilação. Alguns grupos testaram o robô na mesa de trabalho e outros na própria pista. O estudante E08 foi o primeiro a fazer o teste na pista mas o robô não revelou o comportamento desejado. A turma observou e comentou o resultado com risos.

E06: “Há Há! Onde é que ele está a ir?... Hei! Há-Há! Vai nas calmas...”

E08: “O verdadeiro alentejano”

ATIVIDADE A4 - CALIBRAR O SENSOR

Durante esta atividade, foram exploradas duas metodologias diferentes de programação, que exigiram competências distintas, possibilitando aos estudantes estabelecerem diferentes formas de ação e interação.

Foi dito aos estudantes que o cálculo da média podia ser calculado por dois métodos diferentes: com e sem uso do robô. Podiam utilizar a aplicação Bricx para programar o bloco NXT ou, em alternativa, podiam preferir a aplicação Code::Block e desenvolver um programa semelhante para o Windows. Os estudantes revelaram preocupação na escolha do desafio pois pretendiam saber qual deles era de mais fácil resolução.

O professor explicou que ambas são desenvolvidas na linguagem C, mas apenas uma usa o bloco NXT do robô. O programa deve calcular e mostrar o valor médio, dependente dos valores mínimo e máximo encontrados. Se optarem por usar o robô, os dados são lidos pelo sensor, o resultado é apresentado no visor do bloco NXT; se optarem por não usar o bloco NXT, os dados são fornecidos pelo utilizador via teclado e o resultado é apresentado no ecrã do computador. O professor explicou que os grupos deviam optar pela plataforma de que mais gostassem.

Se o grupo optar por desenvolver o código para a plataforma LEGO mindstorms NXT: enquanto o robô girar para a esquerda, são lidos os valores do sensor para encontrar os valores mínimo e máximo. Depois de calcular o valor médio, o robô gira para a direita até parar no lado direito da linha. No final, são apresentados os valores no visor. Se o grupo optar por não usar o robô: o programa deve ser elaborado no Code::Block que pede através de um ciclo while 10 números inteiros ao utilizador, por forma a simular a leitura do sensor. No final, também se devem apresentar no ecrã os valores mínimo, máximo e médio.

Metade da turma optou por calcular a média usando o robô. Os 3 grupos G06 (E01), G04 (E03 e E09) e G02 (E05 e E08) preferiram por não usar o robô e programar na aplicação Code::Block. Os 3 grupos G05 (E02 e E04), G03 (E06 e E07) e G01 (E10), decidiram usar o robô e programar na aplicação Bricx.

E10: “Isto em C é mais fácil.”

Professor afirmou: “Ambos os programas são escritos na linguagem C.”

Podemos constatar que metade da turma considerou que o uso da tecnologia LEGO pode dificultar a programação e apesar de a linguagem de programação ser a mesma, consideram que é mais fácil programar sem o uso do robô.

A programação foi iniciada com debate e partilha de experiências entre os estudantes e o professor. Enquanto que, na atividade com o Code::Block, a interação foi maioritariamente com o professor, na programação com o robô, foi mais notória a interatividade com os outros grupos; no entanto, os estudantes revelavam mais dificuldades na concretização do desafio.

Na segunda sessão da atividade, foram discutidas algumas experiências realizadas na sessão anterior. Foi pedido aos estudantes para debaterem os resultados e o código do programa “Calibrar o sensor” no fórum; iniciaram, então, a atividade, motivados.

O grupo E05 e E08 preferiram, desta vez, programar o robô em vez de utilizarem, como na sessão anterior, a aplicação Code::Block.

Entretanto, o E01 terminou com êxito o programa desenvolvido na aplicação Code::Block e foi apresentar o resultado no fórum. O professor aproveitou a situação para dizer que podiam consultar no fórum o código-fonte do E01 e aplicá-lo na programação do Bloco NXT. O professor desafiou o E01 para tentar aplicar o seu código na programação do robô; ele aceitou o desafio e foi debater a sua solução com o E02.

ATIVIDADE A5 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR PROPORCIONAL

Os estudantes participaram ativamente no fórum do portal ROBOT.edu; alguns utilizaram o fórum para consultarem e experimentarem o código-fonte revelado pelos colegas.

O robô do E10 tinha a bateria fraca e ficou “aborrecido” com o professor por não a ter carregado como prometido na sessão anterior. A falta de carga fez com que um dos robôs fosse partilhado com outro grupo, mas tal não correu muito bem. Perante esta situação, o professor sugeriu juntar dois grupos para desenvolver a atividade.

No início, a atividade estimulou pouco a interação e cooperação entre os estudantes; mas, pouco depois, foram organizados e criados, por sua iniciativa, novos grupos de trabalho. Os E09, E05 e E08 juntaram-se em grupo para desenvolverem a atividade. Juntaram-se também os estudantes E02, E01 e E06 para programaram e testaram o robô. O grupo conseguiu pôr o robô a girar para a direita e calcular os valores mínimo, máximo e médio. O professor comunicou à turma os bons resultados alcançados pelo grupo e sugeriu que passassem para a próxima etapa: girar o robô para a esquerda até encontrar o lado da linha. Apesar das dificuldades, os estudantes estavam motivados em resolver o problema. Presenciou-se uma cooperação mútua entre eles mas, em alguns grupos, o professor teve que dar apoio e incentivo para não desistirem de programar.

Os estudantes E01 e E02 debateram, ansiosos, a procura de uma solução; partilharam constantemente entre si ideias e experiências e fizeram questão em revelar os seus resultados ao professor.

O E05 preferiu brincar e não revelou empenho na realização das tarefas; o professor chamou-o à atenção mas o estudante não revelou melhorias significativas no seu comportamento.

O E01 esteve motivado e envolvido intensamente na atividade; talvez por ter este comportamento, o E06 resolveu permanecer junto dele para trabalharem e afastou-se do colega de grupo E07, uma vez que o E7 estava pouco interessado em aprender.

Muitas vezes, os estudantes “culpavam” o robô por não ter o comportamento espetável, por exemplo, o estudante E01 culpou o robô pelo facto de o sensor não conseguir ler o valor médio desejado; não queria admitir que o código do seu programa podia ser a causa do problema. Esta atitude pode explicar alguns dos comportamentos das primeiras sessões, quando o estudante não queria programar o robô. O E01 revelou ser um bom estudante na programação em linguagem C, no entanto, revelou dificuldades de raciocínio quando usou o robô; parecia ter receio de demonstrar à turma que o seu programa não funcionava e que ele não estava a conseguir, naquele momento, resolver o problema; se programava o robô podia revelar as suas fragilidades e as suas dificuldades em resolver o problema.

O espírito de competitividade contribuiu sempre para o desenvolvimento da interatividade entre os estudantes e para estimular outros estudantes a procurarem uma solução. Um destes momentos foi presenciado quando o E01 testou o robô e conseguiu obter o resultado pretendido:

Ficou todo contente e disse, cantarolando: “Hóooo Hieeee! Uuu Uuu!... Toma lá! Já está a dar...”

Professor: “Espetacular! Quem vai ser o próximo?”

O E01 diz ao E02, como se tivesse ganho uma aposta: “Aprende...”

O E02 voltou a testar o robô e, pouco tempo depois, também conseguiu os resultados pretendidos.

Perto do final da primeira sessão, trocaram-se ideias e desenvolveu-se um sentimento de parceria e de ajuda. Apenas o estudante E10, ao contrário da aula anterior, não revelou muito empenho nem muita concentração na realização da atividade.

Na segunda sessão, os grupos recomeçaram a programação do seguidor de linha. Apenas, no início da sessão, os estudantes E08, E09 e E05, estiveram distraídos e resolveram não programar.

Quando o E01 foi testar o robô na pista, este continuava a ter o comportamento da sessão anterior. Curiosamente, ele culpou o robô e as condições da pista, pelo comportamento não desejável que obteve. O robô foi visto, mais uma vez, como uma personagem real no processo de comunicação e como “aquele” que devia assumir a culpa se algo correr mal.

E01: “Está ver, agora está a andar bem... o problema são as falhas brancas na pista...”

Durante os sucessivos testes, o robô persistia em não querer fazer as curvas internas de 90º ou de não seguir o cruzamento. O professor sugeriu aos estudantes que vissem o filme “LEGO Mindstorms - Seguidor de Linha” e analisassem o comportamento do robô nos locais mais problemáticos da pista. Sugeriu também que apresentassem os resultados no fórum. Pela primeira vez, os estudantes preferiram não participar no fórum do portal ROBOT.edu. Queriam ser os primeiros a resolver o problema; não queriam revelar no fórum as suas ideias e experiências para que o outro turno não ficasse em vantagem na procura e descoberta da solução. Durante a atividade, foi notório este elevado nível de competitividade entre os turnos.

ATIVIDADE A6 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: PARTILHA DE ESTRATÉGIAS E MÉTODOS ALTERNATIVOS

Nesta atividade, estiveram presentes os dois turnos. Pretendia-se aperfeiçoar o controlador proporcional e procurar métodos alternativos para o seguidor de linha. Devido ao elevado número de estudantes na sala, foi necessário partilhar os robôs

entre os grupos. Todos iniciaram a atividade com algum empenho e interesse para melhorarem o programa. Junto dos computadores, debateram-se ideias e foram efetuadas correções no código.

O E01 testou o robô na pista e revelou bons resultados: o robô conseguia seguir as curvas de 90º em ambos os sentidos, mas não conseguia passar o cruzamento. O robô oscilava muito, uma vez que o estudante aplicou o controlador de dois níveis. Enquanto os colegas observavam o robô, o E01 revelou a sua decepção.

Durante os testes na pista, os robôs mostravam comportamentos diferentes. O ambiente revelou-se interacional, bastante participativo e dinâmico, tanto junto da pista como nos computadores. Denotava-se entreajuda tanto durante os testes do robô como na altura da escrita do programa. Os estudantes partilhavam experiências e refletiam juntos. O processo de programação revelou-se dinâmico, com um vai e vem de estudantes na sala: iam para a pista testar o robô e depois regressavam ao computador fazer as devidas correções no programa e vice-versa. Os estudantes debatiam juntos, os resultados observados.

A meio da sessão, vários grupos continuavam a testar o robô na pista, revelando motivação e participação na atividade; posicionavam o robô nos pontos críticos da pista. Durante os testes, chegou-se a ter 4 robôs em simultâneo a seguir a pista e oito estudantes a assistirem. Sempre que o robô tinha um comportamento desejável, os estudantes reagiam com emoção, satisfação e alegria.

O interesse pelos resultados era tanto que os estudantes colaboraram no manuseamento da câmara de vídeo: durante os testes, fizeram zoom na câmara para registar, com mais detalhe, o robô a seguir a linha.

Todos estavam atentos tentando descobrir qual dos robôs é que iria conseguir percorrer a totalidade da pista, levando a competição muito a sério.

E17: “Qual é o teu?”

E11: “O meu vai ter que fazer a pista toda...”

Enquanto alguns eram persistentes e tentavam melhorar o programa para obterem melhores resultados, outros revelavam desânimo e descontentamento pelos resultados obtidos, apesar de o robô percorrer parte da pista.

O E16 revelava ao seu parceiro de grupo o seu descontentamento por não conseguir resolver o problema: “Juro-te que não faço a menor ideia... tinha chegado ao computador, tinha mudado algum valor, ou uma outra coisa qualquer... não faço a menor ideia.”

O professor pediu para divulgarem a suas opiniões no fórum, mas a maioria disse ter dificuldades em saber o que deveria escrever.

O E11 disse que não tinha nada para revelar no fórum: “Mas o robô não está grande coisa...”

E16, descontente, disse: “Para quê professor? Para meter o mesmo código que ontem funcionava bem e agora não funciona?”

No final da sessão, o professor retirou a tela para a enrolar, mas chegou o E01 dizendo: “Espere aí... espere aí... deixe-me só testar agora...”

O E01 foi testar, mais uma vez, mas o robô seguia a linha muito depressa e sem sucesso. O estudante quis revelar ao professor o código fonte do seu programa indicando as instruções que tinha executado.

QUESTIONÁRIO - OPINIÕES DOS ESTUDANTES PARTICIPANTES

Segue-se a síntese estatística, das opiniões dos 20 estudantes, referente às afirmações 5, 8 e 10 do questionário.

A maioria dos estudantes concorda que nas atividades experimentais, o robô pode proporcionar o desenvolvimento de interações entre eles, e que estas interações podem favorecer a aprendizagem de algoritmia e da programação (moda=4); a maioria também concorda que o portal “ROBOT.edu” foi importante no suporte e partilha de recursos (moda=4).

Q5: O robô proporciona o desenvolvimento de interações, entre os estudantes, nas actividades experimentais

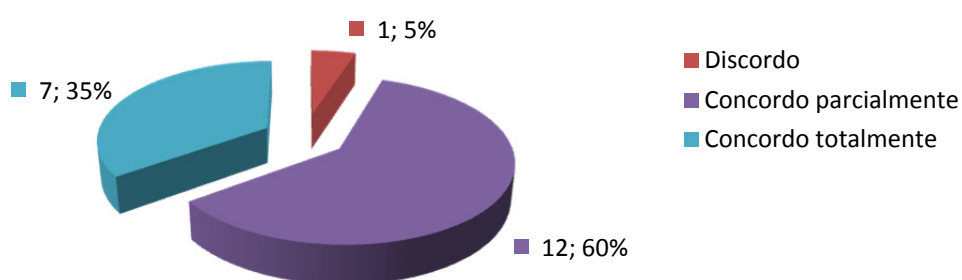


Figura 12: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 5 do questionário

A Figura 12 sugere que 35% dos estudantes concorda totalmente que o robô proporciona o desenvolvimento de interações entre os estudantes (máximo=5) e que apenas 5% discorda desta afirmação (mínimo=2).

Q8: As interações entre os estudantes, durante a realização das atividades, favorecem a aprendizagem de Algoritmia e da Programação

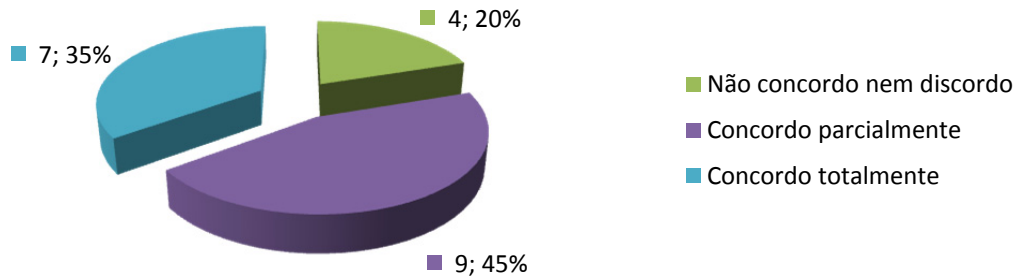


Figura 13: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 8 do questionário

No que diz respeito ao conhecimento das Ciências Computacionais, os resultados sugerem que 35% dos estudantes concorda totalmente (máximo=5) que as interações entre os estudantes favorecem a aprendizagem de algoritmia e da programação (moda=4); 20% não tem opinião (mínimo=3).

Q10: O portal “ROBOT.edu” foi importante no suporte e partilha de recursos

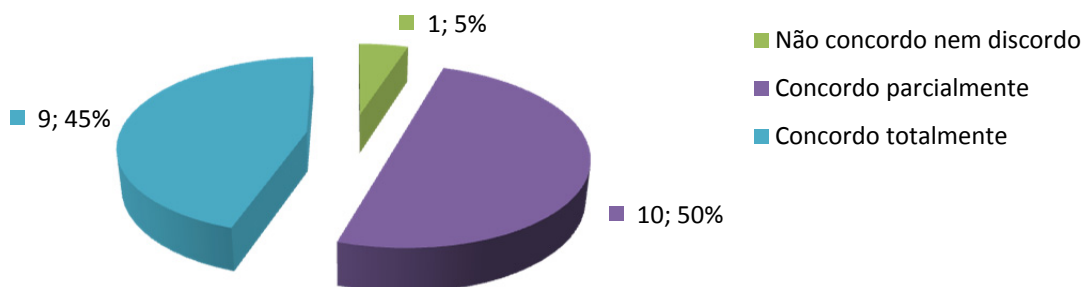


Figura 14: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 10 do questionário

Em relação à utilização do portal ROBOT.edu, na opinião dos estudantes, 45% concorda totalmente com a sua importância no suporte e partilha de recursos (máximo=5); apenas 5% não tem opinião (mínimo=3).

3.2. DIMENSÃO DE ANÁLISE: CONEXÃO DA COMUNICAÇÃO VERBAL E NÃO-VERBAL

ATIVIDADE A1 - APRESENTAÇÃO: ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA

Durante a execução da atividade A1, quando o professor discute o algoritmo e o método utilizado em cada experiência, para o robô seguir a linha, os estudantes

revelaram pouca atenção e pouco interesse em responder às perguntas. A questão já não era tão evidente na exibição do filme e não era fácil, para os estudantes, relacionarem o algoritmo com o método utilizado. O professor desafiou os estudantes a traduzirem e associarem, para cada experiência, o comportamento do robô com o algoritmo mas, quando pediu para descreverem o algoritmo que podiam utilizar para o robô seguir a linha, poucos responderam.

O professor, em colaboração com os estudantes, implementou possíveis algoritmos para o robô seguir a linha. Quando aplicou o controlador proporcional, os estudantes não sabiam relacionar e aplicar os conceitos matemáticos ao método - talvez, por terem dificuldades na aprendizagem de matemática e não gostarem da disciplina. Então, o professor representou graficamente a função linear no quadro e associou o gráfico com o controlador proporcional aplicado ao robô. Apenas o estudante E10 foi capaz de relacionar o conceito da proporcionalidade direta com o controlador e explicou o efeito da velocidade no comportamento do robô: quanto mais o robô se afastar da linha, mais rápido tem que virar para corrigir o erro e aproximar-se novamente da linha.

ATIVIDADE A2 - MOSTRA OS VALORES DO SENSOR

Nesta atividade, os estudantes levantaram muitas dúvidas na programação do sensor e na utilização correta dos parâmetros da função; alguns revelaram dificuldades na aplicação da estrutura de repetição necessária para ler os valores do sensor, que não revelariam se a linguagem C fosse aplicada na programação de uso geral.

A maioria dos estudantes revelou progressos na aprendizagem, no entanto, o E08 apresentou muitas dificuldades na interpretação do algoritmo, mas ficou muito interessado em entender como procedia o robô à leitura do sensor e mostrava os valores no visor. Fazia perguntas com a intenção de receber uma resposta, mostrando curiosidade e vontade em perceber; para ele, foi mais fácil entender o comportamento do robô do que traduzir o código do programa.

Poucos relacionavam o comportamento do robô com o código-fonte do programa e os estudantes E02 e E04 refletiam sobre os valores diferentes que obtiveram em diversas posições da linha preta.

E02: “Será que os valores diferentes têm a ver com o código?”

Para o grupo, o problema parecia ser do código e não das sombras ou da luz ambiente da sala. Na verdade, a apresentação de valores diferentes, ao longo da linha, era um comportamento perfeitamente normal.

Ainda antes de a sessão terminar, o professor desafiou os grupos para mostrarem no visor do bloco NXT todos os valores devolvidos pelo sensor. Para o robô mostrar, na mesma linha, mais do que um valor no visor, era necessário aplicar novas funções para

a manipulação do texto. Apesar do professor ter abordado estas funções, numa aula anterior, os estudantes revelaram dificuldades em concretizar o desafio. As funcionalidades acrescidas no programa dificultaram a fase de programação e afetou o empenho de alguns estudantes.

O E10 estava desesperado por concretizar o desafio e queria passar para a atividade seguinte: “Eu quero por o robô a andar...”

E02: “Tem calma...”

Professor: “Para programares o robô seguidor de linha, tens que conhecer primeiro os valores lidos pelo sensor... concordas?”

E10: “Sim.”

ATIVIDADE A3 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR DE 2 NÍVEIS

No início, alguns estudantes revelaram pouca capacidade em associar o comportamento e as ações do robô com a sequência de instruções do programa. O caso mais extremo foi o do E09, que não tinha realizado o programa da atividade na sessão anterior: foi testar o robô na linha, com o código-fonte do estudante E08, disponibilizado no portal, ficou, então, surpreendido porque o robô não seguia a linha; não se apercebeu que o código disponibilizado no portal era apenas para ler os valores do sensor.

O E09, sem perceber o que se estava a passar, contestou o código ao estudante E08: “Nem anda...”

E08: “Não é para andar...”

E05: “Sim... isto é só para ver as cores...”

A maioria dos estudantes mostrou dificuldades na implementação do programa, com base no algoritmo, divulgado no documento de suporte. Estas dificuldades estavam relacionadas com as instruções da linguagem C mas também e essencialmente com as instruções dos sensores e atuadores do robô.

Alguns estavam indecisos e com dificuldades para escolherem a melhor configuração do sensor. O estudante E08 revelou que não conseguia traduzir o comportamento do robô com as instruções do programa; não sabia associar a condição da estrutura de decisão “IF” com o comportamento do robô, necessário para seguir a linha.

E08: “Stor, o robô para andar é: se if raw é igual a estes valores...”

O professor colaborou e disse: “O problema é que não podes dizer igual... O sensor pode ler vários valores e nunca detetar este valor específico...”

Apesar de a atividade ser aparentemente simples, implicava um grande desafio ao estudante a nível da codificação do algoritmo e do comportamento do robô que

deviam ser permanentemente combinados e traduzidos. O sucesso dependia da correta configuração do sensor e da escolha adequada do valor para representar o lado da linha. Este valor era utilizado na condição da estrutura de decisão, responsável para decidir se o robô vira para a esquerda ou para a direita; por exemplo, se o estudante usasse o modo Percent e ColorRed nas propriedades de leitura do sensor, teoricamente, a leitura do sensor pode ser comparada com o valor 50. No entanto, este valor podia ser ligeiramente inferior, devido à luz ambiente da sala; o valor, que representava o lado da linha, podia ser mais preciso se fosse escolhido com auxílio do programa, desenvolvido na atividade anterior. Entretanto, se o estudante utilizasse o sensor no modo ColorFull, a média dos valores lidos pelo sensor dificilmente seria 50, uma vez que, neste modo, o sensor abrangeria uma maior gama de valores. Este exemplo revela a complexidade que os estudantes podiam sentir e nas decisões que deveriam tomar para a elaboração do programa.

E08 desabafa: “Vale mais utilizar o ColorFull... ó stor, isto em C era mais fácil...”

ATIVIDADE A4 - CALIBRAR O SENSOR

Na apresentação da experiência, o professor disse que, antes do robô seguir a linha, será necessário calibrar o sensor; lançou também questões para reflexão acerca das instruções do programa que estavam associadas ao comportamento do robô e do algoritmo que o robô estava a processar quando girava para a direita e para a esquerda. Em geral, os estudantes revelaram dificuldades em responder.

O E10 lembrou o vídeo, “LEGO Mindstorms: Seguidor de Linha”, exposto na primeira sessão; explicou os procedimentos que o robô teve que fazer para calibrar o sensor; explicou de forma correta os comportamentos do robô, no entanto, não estava a associar estes comportamentos com as instruções do programa.

Professor: “Por que é que no início, o robô gira para a direita e depois para a esquerda?”

E10: “Para encontrar a linha.”

E06: “O robô vai para um lado e para o outro para descobrir onde está a cor preta e branca.”

Os estudantes tinham dificuldade em explicar que o robô estava a calcular os valores máximo, mínimo e médio; tinham apenas a perceção de que era necessário guardar valores numa variável e não sabiam o que fazer com os valores lidos pelo sensor.

Professor: “Qual o objetivo da leitura de todos estes valores?”

E10: “Para ele andar na linha sem se perder...”

Os estudantes pareciam confusos e não conseguiram explicar que para conhecer a gama de valores seria apenas necessário guardar o valor inicial e final, ou seja, os

valores máximo e mínimo. O comportamento do robô parecia dificultar a aprendizagem do estudante na aplicação de alguns conceitos já abordados nas aulas de programação. Os estudantes não associaram o algoritmo do cálculo dos valores máximo e mínimo com a ação do robô.

Depois da reflexão interativa com o professor, os estudantes pareciam entender o problema e deduziram que com estes dois valores era possível calcular o valor da média para representar o lado da linha. Todos demonstraram que perceberam como se calculava o valor médio e qual o seu efeito no comportamento do robô quando ele seguia a linha; entenderam que, enquanto o robô girava para a esquerda, era lido o valor do sensor e eram atualizados, em cada iteração, os valores mínimo e máximo; no entanto, revelaram dificuldades na tradução deste comportamento para a linguagem de programação.

E01: “Então, como sabemos que é o valor médio?”

Professor: “Soma-se o valor mínimo com o valor máximo e dividimos por dois.”

E01: “Sim, mas como é que faço isto?”

Porém, nas fases de teste, os robôs não reagem como esperado; alguns nem sequer andavam; apenas um grupo conseguiu fazer girar o robô para um dos lados de forma a mostrarem no visor, os valores mínimo e máximo.

O estudante E01, apesar das dificuldades, permanecia bastante interessado em aprender e em encontrar uma solução. Revelou dificuldades em aplicar o ciclo While enquanto o robô girava para um dos lados e tentou esclarecer as suas dúvidas com o professor. Depois de algum tempo, o E01 conseguiu relacionar o programa do robô com código-fonte que tinha desenvolvido na aplicação Code::Block; conseguiu melhorias significativas no programa. Satisfeito com os resultados, foi ter com o professor para revelar o seu raciocínio.

ATIVIDADE A5 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR PROPORCIONAL

No início da atividade, a maioria dos estudantes tiveram que continuar a desenvolver o programa para calibrar o sensor. Demonstraram dificuldades em saber como relacionar a ação do robô com o código-fonte. O professor teve que explicar que bastava girar o robô para a esquerda enquanto o valor do sensor fosse maior que o valor médio.

Esta dificuldade estava relacionada com a condição incorreta na estrutura de repetição While. Por exemplo, destaca-se o momento em que o estudante E01 utilizou a condição “raw[0]!=valorMedio” em vez de “raw[0]>valorMedio”. O operador de comparação “!=” utilizado no ciclo podia funcionar num programa genérico, apesar de não ser recomendável. No entanto, nesta nova realidade, o robô poderia não funcionar com esta condição. O ciclo termina quando a condição for falsa, ou seja,

quando o valor de `raw[0]` for igual ao `valorMedio`. Para a condição ser falsa, temos que garantir que o sensor devolva o `valorMedio` durante uma das iterações do ciclo `While`. Na realidade, esta situação pode não ocorrer, durante o teste, dando origem a um ciclo infinito. Assim, a programação com um destino mais específica, como o do robô, pode-se tornar mais complicada e exigente para o estudante.

Esta foi uma das situações que mostrou bem as dificuldades que os estudantes sentiram quando tentaram combinar e traduzir o comportamento do robô com o código-fonte do programa. O E01 não entendeu que o sensor pode não ler o valor médio calculado e, nestas situações, a condição da estrutura deveria ter o operador de comparação `>`. Neste incidente, é notória a complexidade da descodificação que esta tecnologia impõe, o que dificultou aos estudantes as possíveis correções ou melhorias no programa. Num programa de uso geral, este problema podia passar despercebido, uma vez que o programa podia apresentar o mesmo resultado.

Professor: “...quem me garante que o sensor vai ler o valor médio?”

E01: “Ele vai ter que passar lá... se ele está sempre a ler...”

Professor: “É verdade, mas o sensor pode não devolver este valor...”

E01, com ar zangado: “Então quer dizer que vai estar sempre à procura? E se não encontrar?”

O professor dá suporte ao estudante E01 enquanto os restantes estavam atentos ao debate.

O E01 insiste: “Mas se não encontrar?”

Professor: “O sensor não consegue ler os valores instantaneamente... enquanto o robô gira, existe um período de espera entre cada leitura do sensor...”

Depois de alguma insistência e de sucessivas perguntas e respostas, o estudante conseguiu combinar o ciclo `While` com o comportamento do robô.

Houve outro incidente que também merece destaque, quando o robô do estudante E02 apresentava resultados iguais para os valores mínimo, máximo e médio.

E02: “Agora está dar mal...”

Professor: “O robô, já não funciona?”

E02 disse com um tom de aborrecido: “Porque é que eu mudei o valor?”

O professor questiona: “Alguém sabe porque é devolvido o mesmo valor nas 3 variáveis?”

Ninguém soube responder. Era suposto darem os mesmos valores, porque o robô foi testado na mesa do computador: porém, uma vez que a mesa era de cor branca, os valores estavam corretos. Parecia que o problema estava resolvido, no entanto, na pista, o robô também revelava o mesmo comportamento. Depois de vários testes e

analisando o código do robô, o professor pensou agora detetar o problema: não foi utilizada a variável correta na chamada da instrução de leitura do sensor. Foram detetados, posteriormente outros erros no programa, nomeadamente, nas instruções dos motores e no cálculo do valor da média. Aparentemente, o problema parecia estar resolvido.

O estudante E02 tinha boas expectativas mas, quando foi efetuar o teste do robô, mais uma vez, continuou a não ter o comportamento desejado. O robô revelava agora um comportamento estranho: a luz do sensor piscava constantemente. Fizeram-se-lhe vários testes: substituiu-se o sensor por outro, foi verificado se a bateria tinha pouca carga, foi executado o mesmo código noutra robô, mas o problema permanecia. Todos consideraram este comportamento muito estranho e tornou-se difícil descobrir o erro do programa. O código do programa parecia estar correto mas revelava um erro que só foi detetado na aula seguinte; estava relacionado com uma incorreta configuração do sensor. A resolução era bastante simples mas a deteção do problema foi morosa o que podia desmotivar o estudante caso não se tivesse dado o apoio adequado.

Esta situação revela a complexidade de combinar e traduzir a linguagem comportamental do robô com o código-fonte do programa. A capacidade de traduzir corretamente o comportamento do robô pode tornar mais fácil a deteção dos problemas, mas nem sempre se revela uma tarefa fácil o que pode alterar comportamentos no estudante de forma menos positiva.

Durante a experiência, o professor reparou que alguns estudantes, como o E01 e E06, preferiram melhorar e aplicar o controlador de dois níveis no programa, em vez de desenvolverem o seguidor de linha com o controlador proporcional. Esta opção pode ser justificável uma vez que a aplicação do controlador proporcional era mais difícil de implementar e os estudantes revelavam ainda dificuldades em relacionar proporcionalmente a velocidade das rodas com o valor do erro.

Para os estimular e ajudar, foi revelada quase na íntegra a solução para o controlador proporcional, no entanto, os estudantes mostraram dificuldades em aplicar estes conceitos na programação do robô. O robô parecia dificultar o ensino da programação. O professor explicou novamente alguns conceitos; reforçou que o valor do erro podia influenciar de forma eficiente a atuação do robô para seguir a linha. As sucessivas perguntas e respostas, estimularam os estudantes para continuarem a programar.

No debate face a face, entre estudantes, as propostas eram de caráter técnico e baseadas essencialmente no comportamento do robô e muito raramente no ponto de vista do algoritmo ou na forma como o algoritmo deveria ser elaborado.

O E01 insistiu que o valor da energia dos motores devia estar compreendido entre -100 e 100 e que o cálculo do erro podia devolver um valor que o motor não suportava. Por este motivo, ele não queria aplicar o controlador proporcional para o robô seguir a linha. Para ele, o problema era meramente técnico: se, no motor, fosse

aplicado um valor incorreto, o motor teria um comportamento inesperado. O estudante considerou que o robô é limitado pois não consegue resolver o problema, uma vez que se pode aplicar valores incorretos aos motores. É verdade que esta situação podia ocorrer, mas também podia ser facilmente corrigida com uma estrutura condicional "IF". No entanto, esta dificuldade impediu o estudante de progredir o método para o robô seguir a linha.

ATIVIDADE A6 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: PARTILHA DE ESTRATÉGIAS E MÉTODOS ALTERNATIVOS

Ao contrário das sessões anteriores, o E03 estava empenhado e revelou mais interesse em participar na atividade; estava sentado no seu lugar e observava com muita atenção o robô a seguir a linha, mas com pouca confiança em conseguir alcançar bons resultados.

A dada altura, levantou-se depressa do lugar e disse: "Ó stor, isto, para não oscilar, tem que ser, ao mesmo tempo que tira o valor na roda esquerda, tem que acrescentar à roda direita. Mas tem que ser ao mesmo tempo..."

O estudante queria explicar que, para o robô não oscilar, as instruções que permitiam girar as duas rodas deviam ser executadas ao mesmo tempo. A sua reflexão revelava poucos conhecimentos sobre o comportamento dos atuadores do robô e também um fraco raciocínio lógico. O professor teve que explicar que as instruções das rodas eram executadas uma a seguir à outra; as duas instruções não eram chamadas em simultâneo no código, mas na prática, era como se fosse.

Durante os testes, os robôs manifestavam algumas dificuldades em percorrer a pista; manifestavam comportamentos imprevisíveis e indesejáveis, em algumas zonas específicas da pista, como no cruzamento e nas curvas de 90º, que estimulavam de imediato a atenção dos estudantes. Para a maioria dos estudantes, traduzir e combinar estes comportamentos no código-fonte do programa era desafiador para resolver o problema e ter o sucesso que tanto desejavam. Durante os testes, o E01 tentava alterar alguns dos comportamentos do robô com base no desenho de um algoritmo. O professor gostou do seu envolvimento ativo na experiência e fez-lhe recordar a atividade na qual se mostravam, no visor do bloco NXT, os valores lidos pelo sensor; lembrou que este programa podia ser útil para analisar e relacionar esses valores com o comportamento do robô numa determinada zona da pista. O estudante regressou ao computador mais confiante, buscando melhorar o seu programa e ciente da possibilidade de obter sucesso; sugeriu o uso de estruturas de decisão para identificar as tonalidades de cor correspondente à zona do cruzamento e das curvas de 90º.

Nos pontos críticos da pista, os estudantes conseguiam prever o comportamento do robô. Diante esta situação, o professor recomendou que não se limitassem a ajustar valores no código mas para melhorarem a estrutura do algoritmo.

QUESTIONÁRIO - OPINIÕES DOS ESTUDANTES PARTICIPANTES

Segue-se a síntese estatística, das opiniões dos 20 estudantes, referente às afirmações 2 e 3 do questionário.

Q2: O comportamento do robô ajuda-me a compreender melhor o código-fonte do programa

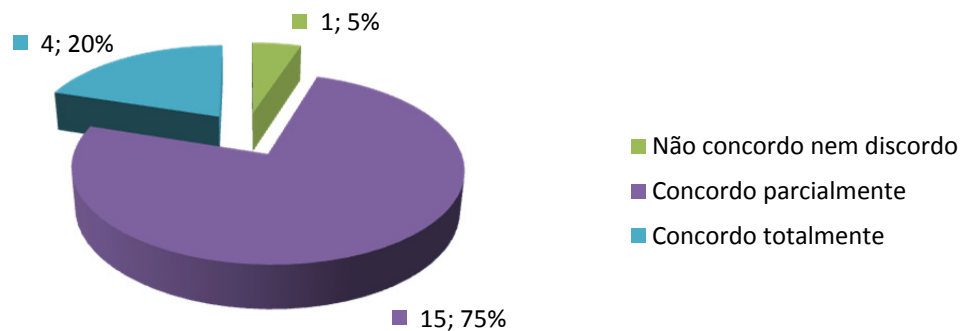


Figura 15: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 2 do questionário

A maioria dos estudantes concorda parcialmente que o comportamento do robô o pode ajudar a compreender melhor o código-fonte e o comportamento do seu programa (moda=4); 20% dos estudantes concorda totalmente que o comportamento do robô o pode ajudar (máximo=5) e 5% não tem opinião (mínimo=3).

Q3: Geralmente tenho dificuldade em resolver um problema com auxílio do robô

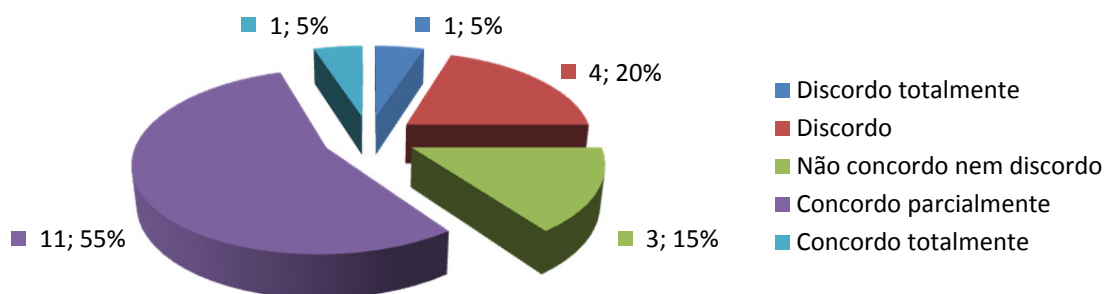


Figura 16: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 3 do questionário

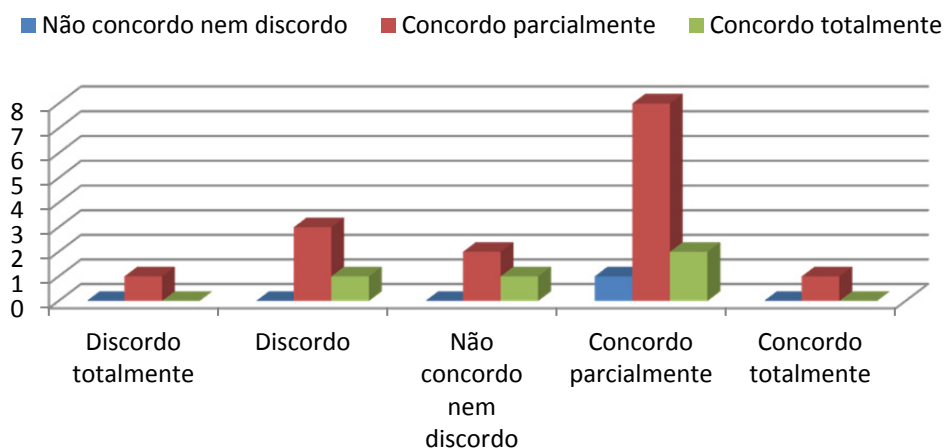
A opinião mais frequente é que concorda parcialmente que, na generalidade das situações, tem dificuldade em resolver um problema com auxílio do robô (moda=4);

5% dos estudantes concorda totalmente que por norma tem dificuldades em resolver o problema (máximo=5) e 5% considera que, geralmente, não tem qualquer dificuldade (mínimo=1).

É importante destacar que a dispersão de opiniões dos estudantes nesta afirmação (desvio-parâo=1.040), é muito maior do que na afirmação 2 (desvio-parâo=0.489) o que realça a dificuldade do estudante em programar e em resolver um problema com auxílio do robô. Se relacionarmos as opiniões dos estudantes com as duas afirmações, a análise do Figura 17 sugere que o estudante que tem dificuldade em resolver um problema com auxílio do robô, geralmente também é de opinião que o seu comportamento o pode ajudar a entender melhor o seu programa.

Uma análise mais cuidada, das vídeo-gravações, pode indicar que a maioria dos estudantes tem dificuldades em expor o seu algoritmo e a sua intenção em solucionar o problema com auxílio do robô, no entanto, pode ajudá-lo a entender melhor o programa a partir do seu comportamento. Uma vez que o robô obriga o estudante a dominar diversos conceitos em diferentes áreas curriculares, esta aparente contradição de opiniões pode ser compreensível: o uso do robô pode dificultar a programação e a resolução de um problema se o estudante não souber aplicar corretamente as instruções específicas dos sensores e dos atuadores do robô, ou mesmo, se não dominar alguns conceitos mais ou menos complexos de mecânica, física ou matemática. Apesar dos estudantes reconhecerem que têm dificuldades de programar e em resolver um problema com auxílio do robô, eles não desmotivam e acreditam que o comportamento do robô e as mensagens que ele pode transmitir constitui um estímulo para superarem as suas dificuldades e a entenderem melhor o seu programa.

O comportamento do robô ajuda-me a compreender melhor o código-fonte do programa



Geralmente tenho dificuldade em resolver um problema com auxílio do robô

Figura 17: Relação das opiniões dos estudantes, da afirmação 3 e com a afirmação 2 do questionário

3.3. DIMENSÃO DE ANÁLISE: METACOMUNICAÇÃO

ATIVIDADE A1 - APRESENTAÇÃO: ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA

O visionamento do filme da atividade A1 proporcionou um ambiente de estímulo comunicativo, proporcionando a cada estudante a oportunidade de comunicar com o professor e com os demais sobre as ações comportamentais do robô e sobre como o robô se deveria comportar para seguir a linha. Na troca de ideias e opiniões foi possível identificar e comparar, com algum detalhe, os diferentes comportamentos do robô quando seguia a linha; quando se aproximava de uma curva de 90º ou do cruzamento, nem sempre tinha o comportamento desejado; nestas situações, os estudantes revelaram mais interesse e um maior nível de interação. Ao contrário do que se poderia prever, os comportamentos indesejados do robô, observados no filme, estimularam os estudantes para a sua interpretação e para a intenção de resolver o problema, aceitando com entusiasmo o desafio de começar a programar.

ATIVIDADE A2 - MOSTRA OS VALORES DO SENSOR

Depois do professor ter estabelecido expectativas positivas e fornecido algum suporte, os estudantes estavam mais confiantes e levantavam-se com alguma frequência para testarem o robô. Como o visor não mostrava os valores pretendidos, regressavam ao lugar para efetuarem as alterações. Os grupos realizavam sucessivas experiências com o robô, imediatamente seguidas pela correção e pelo aperfeiçoamento das suas soluções. Os estudantes comparavam e interpretavam entre si os resultados obtidos no visor. As mensagens divulgadas no visor estimulavam-nos para a realização de novas experiências de forma a confirmarem ou entenderem melhor os resultados:

E08: “Só dá até 6”

E02: “Mas estás a usar o ColorFull no sensor e não no modo ColorRed.”

E08: “E na minha camisola?”

O estudante E02 dizia para si mesmo: “No preto tem 26-30... está certo... e no branco fica a 60”.

O E02 concluiu que os valores raw estavam corretos porque a cor preta absorvia a luz. Os estudantes conseguiram testar os valores do sensor nos modos ColorFull e ColorRed e repararam que cada grupo apresentava valores diferentes; entenderam assim que, devido à luz ambiente, o sensor não devolvia valores ideais.

O professor comentou as experiências dos estudantes e estimulou-os para programarem a leitura do sensor no modo FullColor. Neste modo, o sensor é capaz de detetar 6 cores básicas. Apesar de a pista ter apenas as cores básicas, o sensor reconheceu outras cores, dependendo da concentração de brancos e pretos na área detetada pelo sensor; por exemplo: o sensor podia devolver o valor 3 que

representava a cor verde, apesar do sensor estar posicionado no centro da linha, ou devolver o código 6 que representava a cor branca, quando estava posicionado numa área branca, fora da linha. Este desafio estimulou a comunicação entre os estudantes acerca dos valores apresentados pelo robô ou sobre os valores que esperavam obter e não tiveram. Neste processo iterativo, estabeleceu-se uma metacomunicação que teve um efeito estimulante na aprendizagem.

Professor: “O sensor se está posicionado no centro da linha mas devolve o valor 3. Este valor representa a cor preta?”

E02: “Neste caso representa.”

E06: “O branco está bem... o 6 é branco e está a dar!”

E02: “Agora está a 4... olha, eu não estou a mexer... ele está a variar...”

E04: “Isto não calcula o ambiente?”

O estudante E02 fez sombra no robô com o seu pé e comenta: “Faz interferências...”

E02: “Vês... já percebi stor...”

E06: “O quê? Já percebestes?”

O estudante E02, ao deslocar o robô na linha, comunicou os valores devolvidos pelo sensor: “3... 1... 3... 1...”

O professor refletiu com o estudante E06: “Portanto: no centro da linha temos o valor 3. Já anotas-te? E se desviáres um pouco para a esquerda? Coloca-o ao lado da linha.”

E06: “Olhe aqui stor... dá 1...”

Professor: “E no lado direito da linha?”

E06: “Aqui dá 6... dá 4!”

O grupo, com os estudantes E02 e E04, registava os valores da variável raw do sensor no modo ColorRed e relacionavam os valores com a atividade seguinte - a calibração do sensor. Os estudantes quiseram conhecer o valor lido pelo sensor que representava o lado da linha e, para isso, tomaram a iniciativa de calcular o valor médio.

Professor: “...se afastarmos o robô da linha o valor aumenta e se o aproximarmos da linha o valor diminui... qual será o valor máximo e mínimo lido pelo sensor?”

E02: “O máximo é 60...”

Professor: “E o mínimo?”

E02: “0...”

Professor: “É zero? O ideal era zero... mas não te devolve zero, pois não?”

E02: “Não... dá 21... então se vai de 60 a 21, podemos calcular a média...”

ATIVIDADE A3 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR DE 2 NÍVEIS

Nesta atividade, os estudantes recorreram pouco à metacomunicação; o professor teve que os estimular para a comunicação sobre as suas ideias e sobre a forma como o robô se comportava na pista; estimulou a comunicação através de questões que lhes dirigiu sobre instruções necessárias para a programação do robô e, depois, fez um resumo para consolidar as diferentes formas de leitura do sensor.

ATIVIDADE A5 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR PROPORCIONAL

Durante os testes do robô na pista, o estudante E02 revelou pouca confiança no resultado e teve que comunicar o valor médio ao professor para confirmar se estava correto; necessitou do *feedback* do professor para interpretar o comportamento do robô.

No início, a atividade registou pouca interação e cooperação, mas, depois do professor ter estimulado os estudantes com algum *feedback* e suporte, foi mais claro o envolvimento deles. A interação do referido estudante com o robô ficou mais ativa, melhorando significativamente as fases de teste e de depuração estimulando outros a fazerem o mesmo e a empenharem-se mais na atividade. Foi também notória a partilha de informação entre todos acerca da especificação ou interpretação de um dado comportamento do robô, contribuindo para o “aprender a aprender”; a metacomunicação estabelecida parecia ter um efeito estimulante na aprendizagem.

O E01 tentava ajudar o colega e comentava a velocidade de uma das rodas: “Esta continua a andar mas esta anda o dobro...”

E06: “Sim, já estou a entender. Depois para virar para o outro lado é a mesma coisa...”

O E01 também vai testar o robô na pista: “Vamos ver se dá!”

O E02 comparava o comportamento do robô do colega e comentava: “Por acaso está-te a acontecer o que aconteceu ao meu.”

E01, satisfeito e contente, afirmou: “Só por acaso, porque já sei onde tenho que mudar...”

E01 acrescentava cantarolando: “Ah pois é!”

A metacomunicação entre os estudantes gerou emoções e uma competição saudável entre os grupos. A turma estava atenta aos acontecimentos buscando descobrir qual o grupo que iria conseguir e revelar primeiro a solução. Os grupos testavam constantemente o robô na pista e comentavam o seu comportamento; enquanto uns observavam os testes dos colegas, outros refletiam e comunicavam, juntos, ideias e possíveis soluções.

Quando o E01 chegou à pista, perguntava ao E02: “Então, conseguistes?”

E02: “Está mas é a dar um problema técnico...”

E01 com um riso de troça: “Um problema técnico?”

O E02 foi ver o código do E01, como se já estivesse cansado de tanto pensar...

O E01 e o E02 permaneceram juntos, debateram o código, revelaram alguns erros cometidos e conceberam propostas de novas soluções.

O E02 voltou para o seu lugar dizendo: “Se calhar é isto que me falta...”

O E01 testou o robô e conseguiu obter o resultado pretendido, ficando todo contente e disse cantarolando: “Hóooo Hieeee! Uuu Uuu!... Toma lá! Já está dar...”

Professor: “Espetacular! Quem vai ser o próximo?”

O E01 disse ao E02 como se tivesse ganho uma aposta: “Aprende...”

O E02, estimulado pelo colega, voltou a testar o robô e, pouco tempo depois, também conseguiu os resultados pretendidos. Voltaram a trocar ideias entre si, refletiram e tentaram agora encontrar soluções para o método do controlador proporcional; comunicavam sobre os comportamentos do robô, junto à pista.

Algumas vezes a metacomunicação não era bem-sucedida quando os estudantes julgavam que o robô deveria ter o mesmo comportamento em relação a outros que também estavam presentes no mesmo contexto. Enquanto os estudantes descreviam o comportamento do robô durante o processo de calibração do sensor, foram confrontados com valores diferentes na mesma ocasião e no mesmo local da pista; o professor teve que explicar que os valores lidos pelo sensor dependiam muito da luz ambiente e das sombras detetadas naquele instante. Por vezes, com o mesmo valor de rotação aplicado no motor, os robôs giravam de maneira diferente; o professor teve que explicar que tal era derivado da pouca carga da sua bateria.

Muitas vezes, uma má interpretação do comportamento do robô, num dado contexto, podia dificultar as fases de teste e de depuração no processo da programação ou influenciar negativamente uma tomada de decisão na resolução do problema. O estudante E01, num determinado momento, revelou outras intenções, dizendo que o método proporcional não era o mais adequado e que preferia desenvolver o programa com o controlador de dois níveis. A sua opção deveu-se a uma incorreta interpretação do comportamento do robô, combinada com uma má tradução ao nível do código; considerava que o método proporcional apenas funcionava se o valor da média fosse menor do que a energia base dos motores, caso contrário os motores teriam valores incorretos e conseqüentemente, o robô teria um comportamento descontrolado.

O E01 refletiu o código-fonte dizendo: “Não é preciso tirar o erro!”

Professor: “Mas desta forma podes obter melhores resultados...”

O E01 sorridente, como se estivesse escolhido a melhor opção: “Sabe, que ele pode andar para trás? Imagine que a variável 'med' é maior do que a variável 'power' que nós pomos!”

Este aparente problema de comportamento (o robô andar para trás) podia ser de fácil resolução se o estudante fosse capaz de traduzir e de combinar com o código-fonte do programa; bastava a utilização de uma estrutura de decisão antes de aplicar a energia aos motores. Esta dificuldade de interpretação fez com que o estudante rejeitasse definitivamente determinadas opções que poderiam ser uma mais-valia para a resolução do problema.

Entretanto, outros estudantes interagiam e partilhavam ideias. Testavam o robô na pista e interpretavam o seu comportamento; fizeram correções e sucessivas melhorias no código. Durante os testes, foi possível observar no robô comportamentos satisfatórios.

O professor sugeriu à turma que refletisse acerca do efeito da oscilação do robô na deteção da linha, mas ninguém estava interessado em responder; estavam concentrados a observar e a comunicar sobre o comportamento dos robôs que percorriam a pista naquele momento.

A metacomunicação permitiu que os estudantes percebessem que, nas curvas de 90º, o sentido do percurso interferia nos resultados: o robô manifestava comportamentos diferentes quando seguia o lado esquerdo ou direito da linha; se o robô percorresse a curva por fora, ele conseguia seguir a linha, mas, por outro lado, se o robô fizesse a curva por dentro, ele descontrolar-se-ia, desviar-se-ia para a esquerda e não conseguiria seguir a linha. Consequentemente, os estudantes fizeram sucessivos testes nas curvas de 90º, em ambos os sentidos da linha. Muitas vezes, conseguiam prever o comportamento do robô nas curvas de 90º e nos cruzamentos. Apesar de interpretarem bem e trocarem várias opiniões acerca desse comportamento, não conseguiam apresentar, no código do programa, melhorias significativas.

E01: “... e ele ali vai apanhar a linha... agora vai virar para a esquerda...”

E10: “Queres ver? Olha agora... Ele perde-se...”

A metacomunicação era mais expressiva quando os estudantes comunicavam sobre as dificuldades do robô em superar uma curva de 90º ou o cruzamento. Observavam, com satisfação, os robôs e revelavam empenho no possível melhoramento do programa e na procura de novas soluções; algumas vezes, ocorria mais do que um teste em simultâneo e circulavam 2 a 3 robôs na pista. Geralmente, no cruzamento, o robô seguia um “caminho alternativo”; os estudantes divertiam-se com a situação.

E10: “Mas o objetivo não é esse!”

E05: “Todos os caminhos vão dar a Roma”

ATIVIDADE A6 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: PARTILHA DE ESTRATÉGIAS E MÉTODOS ALTERNATIVOS

Nesta atividade, desenvolveu-se também um espírito de competição entre os estudantes e, talvez por isso, a interação entre eles foi mais ativa. De todas as atividades desenvolvidas, esta foi aquela onde a metacomunicação foi estabelecida com mais frequência. Esta situação deveu-se ao facto dos grupos testarem, com frequência, o robô, chegando a ter-se três em simultâneo na pista. Registavam-se muitos estudantes à volta da pista para observarem o comportamento dos robôs, principalmente quando os testes eram realizados nos pontos críticos do percurso. Os estudantes emitiam a sua opinião e comunicavam sobre os comportamentos que observavam e sobre as dificuldades que encontravam durante as suas experiências e interações com o robô. Quando se estabelecia a metacomunicação, interpretavam e previam o comportamento do robô, procurando sempre dar sentido a esse comportamento. No entanto, nenhum conseguiu completar a totalidade do percurso.

O robô do E14 andava bastante rápido e conseguia percorrer a pista, mas sem sucesso nas curvas de 90°.

O E06 descreve: “Deves ter menos velocidade...”

O robô do E11 seguia o cruzamento com pouca oscilação, mas não conseguia fazer as curvas de 90°.

E11 desabafou: “É sempre a mesma coisa... nesta curva e naquela curva ali...”

O robô do E02 revelou um comportamento satisfatório; percorria a pista devagar mas sem oscilação. O grupo aplicou um valor mais adequado na constante de proporcionalidade; conseguia fazer as curvas de 90°, no entanto não foi capaz de passar o cruzamento.

Quando era estabelecida a metacomunicação, por vezes, os estudantes tinham necessidade de partilhar os seus resultados com o professor e pedir-lhe suporte: o E01 foi discutir com o professor os valores do sensor que obteve no cruzamento; partilharam, confidenciaram ideias e reflexões.

Enquanto os estudantes observavam o robô, interagiam entre si para debaterem ideias e soluções; comparavam e discutiam os comportamentos dos robôs que se encontravam na pista.

E06 previa o comportamento do robô e disse: “Agora não vai virar, queres ver?”

E01 exibiu a sua opinião com uma proposta: “Sabes porquê? Se puseres uma a andar para frente e outra para trás consegues fazer a curva mais depressa... este tem uma roda parada e outra a andar...”

Professor: “Viste a velocidade com que o robô fez a curva de 90°?”

E11 confirmou e antecipou o comportamento do robô: “O mal dele é este... agora vai para o outro lado...”

O E01 interpretou o comportamento do robô quando passou no cruzamento e virou para a esquerda: “Exato... ele anda aqui, deteta o preto... tem que virar à esquerda...”

E11: “Pois o mal dele é este...”

O E01 explicou, apontando para a pista, o comportamento do robô de um colega: “Porque o teu anda assim... tivestes sorte não ir para ali... faz isto... faz isto... chega aqui... lê o valor preto vira para a esquerda...”

E11 testou o seu robô, satisfeito, solta um grito de felicidade: “Passou...”

Professor: “Foi sorte...”

E01: “Foi sorte porque não detetou o preto... o meu deteta e não faz o cruzamento...”

Todos os estudantes estavam atentos tentando descobrir qual dos robôs é que iria conseguir percorrer a totalidade da pista, levando a competição muito a sério.

E17: “Qual é o teu?”

E11: “O meu vai ter que fazer a pista toda...”

O professor debateu, com o E01, junto à pista, o motivo de o robô não conseguir seguir em frente no cruzamento, pois virava para a esquerda. O E01 refletiu dizendo que o sensor lia valores semelhantes, tanto no cruzamento como na curva interna de 90°.

O estudante E01 comunicava o que o seu robô fazia nestas duas situações: “Aqui deteta o preto vira para a esquerda... e aqui deteta também o preto e vira para a esquerda.”

Com uma atitude de destrozado, E11 disse: “Stor, sabe o que me falta... é só ele seguir aqui em frente... o resto está tudo feito... Ó pá é o meu único problema...”

Nos testes, o E11 persistia em colocar várias vezes o robô no cruzamento, na esperança de que, um dia e com alguma sorte, ele conseguisse passar o cruzamento. O E11 acenava não com a cabeça e inclinava-a para baixo, numa postura de vencido.

Desanimado, colocou as mãos na cabeça dizendo: “Eu até mandava um pontapé no robô stor...”

Aborrecido disse: “O meu faz tudo! O meu único problema nesta pista é quando vai no cruzamento.”

O E11, com o robô na mão, explicava e comunicava como o seu robô se comportava: “Assim faz, e quando vai assim, não faz...”

O professor comentava: “O robô está muito descontrolado...”

Entretanto, o E16, desanimado, respondeu: “Ainda ontem estava bem...”

O robô do estudante E13 seguia a linha muito depressa, mas não conseguia fazer a curva apertada de 90°.

Durante os testes na pista, os estudantes observavam que o robô nem sempre tinha o mesmo comportamento, quando passava no mesmo local da pista. O professor explicou que as sombras das pessoas podiam afetar os valores lidos pelo sensor o que, conseqüentemente, alterava o comportamento do robô.

O E11 afirma: “Não faz a mesma coisa duas vezes.”

O E01 debateu com os colegas estratégias de resolução para o problema. O estudante simulou, na pista, o comportamento que o robô deveria ter na curva de 90°, dizendo que as rodas motoras deveriam andar em sentido contrário. Começaram a debater o algoritmo e as possíveis alternativas que poderiam efetuar no código do programa.

O E01 estimulava o colega e disse ao E05: “Chega aqui! Uma a andar para a frente e outra a andar para traz...”

E05: “Então se o erro for...”

E01: “...maior que zero... vira à esquerda... se menor, vira à direita...”

Os estudantes debatiam, junto à pista, a influência da oscilação do robô na detecção do cruzamento. Depois de efetuarem as alterações no programa, testaram o robô mas, apesar de este seguir com precisão a pista e passar no cruzamento sem qualquer problema, não conseguiu fazer a curva de 90°.

O E01 foi testar mais uma vez o robô na pista; observou-o com calma e muita atenção. Curiosamente, o robô conseguia passar o cruzamento mas apenas num dos sentidos. O professor disse-lhe que a sujidade na tela também podia interferir na leitura do sensor. O E01 insistiu em testar o robô nos pontos críticos da pista, na tentativa de perceber o motivo do robô não ter o comportamento desejado. Depois de alguns testes e alterações no programa, conseguiu algumas melhorias na zona do cruzamento, no entanto, o robô deixou de fazer as curvas de 90°.

O estudante E01, prevendo o que o robô iria fazer, disse: “Mas vai chegar aqui e não vai fazer a curva...”

QUESTIONÁRIO - OPINIÕES DOS ESTUDANTES PARTICIPANTES

Segue-se a síntese estatística, das opiniões dos 20 estudantes, referente às afirmações 1 e 7 do questionário.

Q1: O robô tem o comportamento desejável quando executo o meu programa

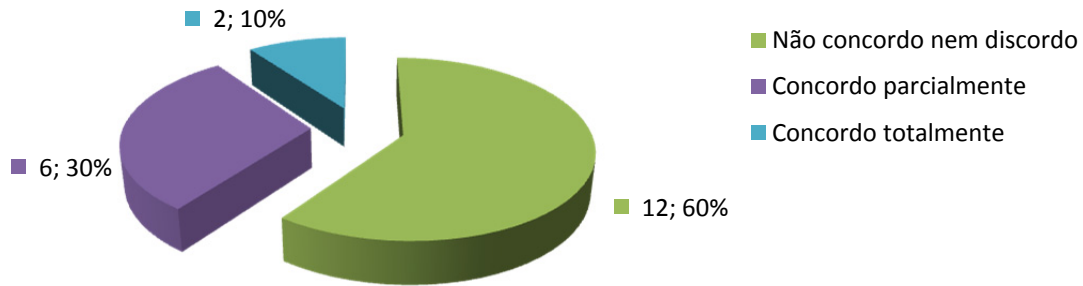


Figura 18: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 1 do questionário

A análise do Figura 18 sugere que, na execução do programa, é mais provável que o robô tenha um comportamento desejável mas também que exiba comportamentos inesperados (moda=3); esta análise parece indicar que, na opinião dos estudantes, em alguns casos, ele consegue ter sucesso quando programa e testa o robô mas, noutros, nem sempre a execução do programa exibe um comportamento esperado; 10% dos estudantes dizem que conseguem ter sucesso nos resultados do programa (máximo=5).

Q7: A interpretação do comportamento do robô leva-me a modificar e corrigir o programa, contribuindo para o aperfeiçoamento do mesmo

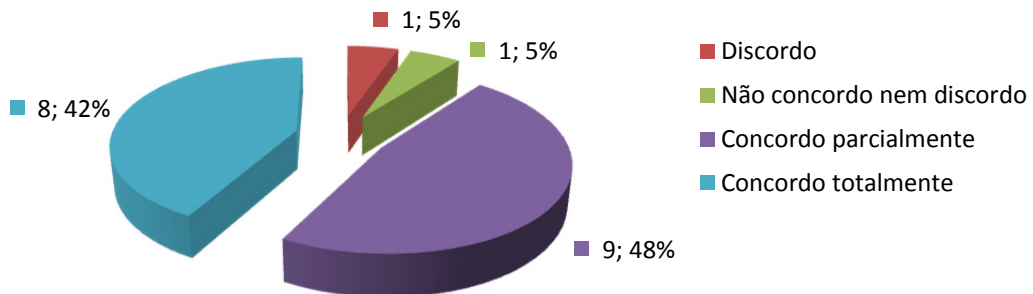


Figura 19: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 7 do questionário

Por outro lado, a análise do Figura 19 permite indicar que a maioria dos estudantes concorda que a interpretação do comportamento do robô os leva a modificar e corrigir o programa, contribuindo para o aperfeiçoamento do mesmo; 42% concorda totalmente (máximo=5) e 5% discorda desta afirmação (mínimo=1).

É de realçar nesta análise que a metacomunicação contribuiu, na opinião da maioria dos estudantes, para o aperfeiçoamento do programa.

3.4. DIMENSÃO DE ANÁLISE: *FEEDBACK*

ATIVIDADE A1 - APRESENTAÇÃO: ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA

A apresentação do vídeo mostrou ser eficaz na transmissão de mensagens ao estudante, porém induziu a alguma distração, uma vez que terminada a exibição do filme, foi necessário mostrar, mais uma vez, a parte final para que pudessem detectar as principais diferenças entre as três experiências.

De uma maneira geral, o professor teve que estabelecer um diálogo com os estudantes acompanhado de *feedback* imediato, explicando como o robô seguia a linha, esclarecendo os efeitos do controlador no controlo do erro e o funcionamento do sensor de cor. Para os estudantes implementarem o algoritmo para as três experiências foi necessário que o referido *feedback* fosse contínuo; no entanto, metade do turno revelou que não estava interessado em participar na elaboração do algoritmo.

Com a ajuda ativa do professor, foi possível desenvolver o algoritmo, para o robô seguir o lado esquerdo da linha, utilizando o controlador de dois níveis: se o valor da leitura do sensor for maior que 50, então o robô vira para a direita, se não vira para a esquerda. Os restantes algoritmos não foram concluídos. O professor reforçou que o robô podia fazer as curvas com mais suavidade, se fosse alterada proporcionalmente a velocidade consoante o desvio na sua trajetória; lembrou e comparou este método dizendo que, no controlador de dois níveis, o robô virava para a direita ou para a esquerda, com a mesma velocidade, independentemente de estar ou não próximo da linha.

ATIVIDADE A2 - MOSTRA OS VALORES DO SENSOR

No início da atividade, os estudantes mostraram vontade e interesse em começar a programar o robô mas, devido às dificuldades reveladas, foi necessário fazer uma revisão das instruções para virar, rodar e girar o robô. Com auxílio do documento de suporte da atividade, foram então explicadas as diversas funcionalidades do sensor de cor. O professor acrescentou que a falta de luz ambiente pode dificultar a deteção da linha e que dois robôs podem ter comportamentos diferentes apesar de executarem o mesmo programa. A maioria dos estudantes esteve com atenção às orientações de modo a aprofundar conhecimentos pelo que tiveram uma participação ativa.

Apesar da opção de ajuda da aplicação Bricx que permite a programação do robô, os estudantes não tomaram a iniciativa de consultarem as diversas instruções necessárias para a concretização do programa. Foi necessário o professor partilhar algumas instruções de manipulação de texto, para mostrar mensagens ou valores, no visor LCD do bloco NXT e dar algumas instruções que permitiam a configuração e leitura do sensor. O professor teve que sugerir aos estudantes a configuração do sensor para o

modo cor e com o LED vermelho ativo, por este ter a capacidade de detetar uma maior gama de valores. Depois desta ajuda, eles conseguiram retomaram a atividade.

A implementação do programa, procurando mostrar os valores do sensor, foi resultante da interação dos estudantes e da partilha de opiniões acompanhadas de algumas perguntas colocadas aos colegas ou pedidos de esclarecimentos ao professor. Mas, devido às dificuldades reveladas pela maioria, foi necessário apresentar uma estrutura base visando a leitura do sensor com a declaração das respetivas variáveis.

Enquanto o professor dava apoio a um grupo, E10 estava desesperado porque não conseguia transferir o programa para o bloco NXT e precisava de ajuda do professor; assim, foi detetado na aplicação um problema de compilação que foi resolvido.

Verificou-se que alguns grupos ainda revelavam dificuldades no acesso à variável `raw` do sensor por ser uma variável do tipo array. O professor esteve a explicar aos grupos o conceito de array e a sua utilização na resolução do problema. Alguns, com mais dificuldades, pediram, com alguma frequência, apoio.

O professor sugere aos estudantes para acrescentarem novas funcionalidades ao programa, mas poucos conseguiram que o robô tivesse o comportamento pretendido. Apenas o E06 conseguiu resolver parte do desafio mostrando no visor os três valores lidos pelo sensor, mas em linhas diferentes. Para ele conseguir mostrar os valores numa só linha, o professor teve que lhe indicar o uso da função `strcat()` para concatenar o texto.

Durante os testes do robô na linha, o E02 tentava relacionar os valores do visor com o código do programa mas foi necessário o *feedback* do professor para ele ter a certeza do resultado.

ATIVIDADE A3 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR DE 2 NÍVEIS

Nesta atividade, alguns grupos tiveram problemas na ligação do bloco NXT à porta USB do computador; esta situação deveu-se à falta de permissões na conta do estudante; foi necessário entrar na conta de administrador para resolver o problema.

Quando foi iniciada a programação do robô para seguir a linha, os estudantes intervieram com pedidos de ajuda na deteção e correção de erros de compilação.

O professor sugeriu o uso de funções no desenvolvimento do programa, uma vez que fazem parte do programa curricular da disciplina, no entanto, ninguém as quis implementar no programa. Foi sugerido aos grupos o uso da instrução `beep()`, em locais estratégicos do código-fonte, para identificar alguns comportamentos do robô. Esta estratégia poderia ser útil para a deteção de eventuais problemas existentes no programa ou no algoritmo. Se o bloco NXT emitisse o som, seria possível associar, naquele instante, o comportamento do robô ao bloco de instruções que incluía a função `beep()`; por exemplo, seria possível emitir um som sempre que o robô virasse

para a esquerda. Porém, poucos grupos quiseram implementar esta estratégia na detecção de eventuais erros do programa.

O E01 revelou que não queria programar com o robô e pediu ao professor para lhe propor um exercício na linguagem C. O professor conversou com ele dizendo que a linguagem de programação do robô é quase idêntica à linguagem C. A diferença estava na interface do compilador e nas instruções que permitiam controlar o robô ao nível do *hardware*. Explicou também que, por exemplo, na linguagem C, temos a função `printf()` para mostrar o texto no ecrã e que no robô temos uma função semelhante, designada por `TextOut()`. O professor reforçou que a linguagem de programação NXC é quase idêntica à linguagem C. Passado algum tempo, o professor foi novamente insistir junto do E01 para programar o robô, dizendo que o ajudava a desenvolver o programa, mas ele não mostrou interesse.

O professor insistiu: “Vamos programar juntos! Podes programar no meu portátil e mostrar o teu código à turma, através do quadro interativo.”

Então ele aceitou, saiu sorridente do lugar e foi desenvolver o programa no portátil do professor que estava ligado ao videoprojector do quadro interativo e o robô com ligação bluetooth. Entretanto, não sabia o que fazer. O professor auxiliou-o divulgando algumas sugestões e conceitos de programação para iniciar o desenvolvimento do programa. Como incentivo, o professor revelou à turma que o E01 estava empenhado e a ter progressos na escrita do programa; ele ficou mais confiante, motivado e desenvolveu de forma positiva o programa.

No início da sessão, os estudantes continuavam a implementar o programa da atividade “A2: Mostra os valores do sensor” e persistiam em testar os valores do sensor na pista. Para acelerar o processo, o professor sugeriu que alguns grupos desenvolvessem o programa “Seguidor de Linha”, configurando o sensor no modo `ColorRed` e outros no modo `ColorFull`. Para estimular e ganhar a atenção dos estudantes, o professor foi testar um robô na pista com o programa que entretanto desenvolveu. Alguns observavam e comentavam o resultado; outros permaneciam no computador a programar. O robô do professor não seguia corretamente as curvas mas, depois de algumas alterações no código, o robô seguiu muito bem a linha. Depois desta pequena demonstração, os estudantes regressaram aos lugares mais confiantes; no entanto, um deles queria ver o código-fonte do professor, mas foi impedido de o fazer. Ouviram-se risos na sala.

Durante a atividade, também foi possível presenciar *feedback* entre os estudantes; foi o caso do E08 que se retirou do local da pista com o robô na mão e dirigiu-se para o grupo do colega E02; pediu ajuda e debateram juntos, o código-fonte; partilharam ideias e compararam os códigos e a prática utilizada na leitura do sensor. E02 e E06 partilharam experiências debatendo a estrutura de decisão que deviam utilizar no

algoritmo, no entanto, eles pareciam ainda não ter entendido que os robôs, com programas iguais, podiam ter comportamentos diferentes ao percorrerem a pista.

No final da atividade, apenas um grupo do segundo turno conseguiu que o robô seguisse a linha. No primeiro turno, foram detetadas algumas dificuldades e erros no programa, tais como: a incorreta configuração do sensor; dificuldades na implementação da estrutura de decisão; escolha incorreta do valor para representar o lado da linha.

Para estimular a confiança dos estudantes, o professor disse: “Na segunda-feira vão conseguir pôr o robô a percorrer a linha...”

E06 responde insatisfeito: “Espero bem que sim, stor.”

ATIVIDADE A4 - CALIBRAR O SENSOR

Nesta atividade, os estudantes revelaram dificuldade em descrever o algoritmo para o robô calibrar o sensor. Assim, para auxiliar o desenho do algoritmo, o professor fez uma linha preta no quadro; posicionou o robô na linha e simulou o movimento para calibrar o sensor. Foi feito um esquema, também no quadro, para representar os valores lidos pelo sensor.

O professor teve que ajudar os estudantes em algumas funções específicas do NXT que são necessárias para fazer girar o robô e para configurar o sensor. Muitas das respostas podiam ser encontradas no documento de suporte da atividade, mas os estudantes preferiram não consultar o documento.

O grupo que optou por programar com o robô interagiu mais: amiúde, os estudantes levantavam-se para interagir com outros grupos, partilhavam experiências e testes com o robô. Apesar das dificuldades sentidas os estudantes persistiam e debatiam juntos, o código-fonte do programa. No entanto, o professor teve que dar suporte a alguns estudantes na deteção de pequenas incorreções no código para poderem continuar com a programação. Alguns revelaram dificuldades em aplicar a estrutura de repetição *while* principalmente na sua condição; outros grupos tinham dificuldades em mostrar permanentemente os resultados no visor LCD. Para resolver este problema, o professor recomendou que se acrescentasse uma pausa antes de terminar o programa; foi sugerido que o fizessem com um ciclo *while(true)*. Foi também debatido com os grupos o ângulo de rotação que a roda deveria ter para o robô girar 45º; este pormenor técnico dificultou os estudantes na programação do ciclo *while* que permitia a leitura do sensor. O professor teve que explicar no quadro, junto dos estudantes, alguns movimentos que o robô deveria fazer durante o processo de leitura do sensor.

Foi possível verificar que os estudantes, com mais dificuldades, pediam com frequência a ajuda dos colegas que demonstravam melhores resultados:

O E08 chamou os colegas E06 e E02: “Quanto puseste na velocidade mínima e na máxima?”

E02: “Qual valor máximo?”

E08: “O que achas... o Power Min e Power Max”

E02: “Aqui já não é necessário...”

Os estudantes respondem e explicam...

E10: “Ele calcula por ele próprio!”

E02: “Vem cá ver o meu código...”

O E01 mostrou interesse em perceber melhor o funcionamento do robô e pediu ajuda ao professor para executar o processo de leitura dos valores do sensor, que lhe explicou as instruções do sensor e algumas funções e conceitos já abordados nas sessões anteriores. O professor fez analogias do código-fonte que desenvolveu no Code::Block com o programa de leitura do sensor. Comparou e relacionou a leitura dos valores introduzidos pelo utilizador via teclado com a leitura da variável `raw[0]` do sensor.

E01: “Afinal isto até é fácil.”

O estudante regressou ao lugar e revelou mais interesse para programar o robô. A interação do professor com o E01 fez com que outros colegas lhe pedissem também ajuda acerca da implementação do ciclo que permitia a leitura dos valores do sensor. Apenas E03 e E09 demonstraram nenhuma atividade durante a aula e permaneciam distraídos.

Mas, apesar da ajuda e da colaboração do professor, os estudantes revelaram dificuldades em calcular o valor mínimo e máximo, no programa do robô, apesar de já terem elaborado, em aulas anteriores, um programa semelhante com o tradicional compilador da linguagem C.

Perto do fim da sessão, os estudantes continuaram a partilhar ideias entre si mas revelaram ainda a necessidade da orientação e *feedback* do professor, uma vez que nenhum grupo conseguiu concluir a atividade.

Apesar do toque de saída, o E01 permaneceu ainda na sala de aula para ouvir, com atenção, as explicações do professor, para mostrar um valor no visor do bloco NXT. O professor aconselhou-o a consultar a documentação de suporte disponibilizado no portal. O E01 revelou uma mudança e uma atitude claramente positivas: mais empenhado na atividade, maior interação com a tecnologia LEGO e maior reflexão e concentração no processo de programação e na procura de novas soluções.

ATIVIDADE A5 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR PROPORCIONAL

O professor ainda não tinha iniciado a introdução da atividade e o estudante E01 interveio pedindo-lhe que lhe esclarecesse uma dúvida relativa ao código do seu programa que iniciou na atividade anterior. Mais uma vez, foi feita a relação dos programas desenvolvidos nas aplicações Code::Block (compilador tradicional da linguagem C) e Brickx. O estudante esclareceu as suas dúvidas, partilhou ideias e consolidou novos conhecimentos; parece que desta vez conseguiu relacionar o algoritmo com o comportamento do robô.

Como a maioria dos estudantes não tinha completado a atividade anterior, o professor simulou o comportamento do robô na mesa, para que entendessem melhor a calibração do sensor. O E01 e E06 ficaram mais empenhados. Depois de ter feito alterações no código, o E01 foi testar o robô na pista mas este não girava para a esquerda, como esperado; a condição do ciclo *while* não estava correta. Perante esta situação, o E02 participou com o E01 na procura de soluções e comentou o código que estava a desenvolver.

Para superar algumas dificuldades, reveladas no processo de calibração do sensor, o professor teve que explicar uma solução para que o robô girasse para a esquerda até encontrar a linha preta; foi feito um esquema no quadro para anotar e simular os valores devolvidos pelo sensor. O debate com o professor ajudou-os a refletirem e a entenderem que, enquanto o valor lido pelo sensor fosse superior ao valor médio, o robô tinha que girar e que, quando esse valor fosse menor que o valor médio então tinha que parar.

O professor teve que dar apoio individualizado aos estudantes E08, E09 e E05 que revelavam mais dificuldades e que ainda não tinham iniciado as tarefas da atividade: o E05 ficou mais motivado para aprender e os restantes ficaram mais atentos e melhoraram o seu comportamento.

O E02 foi testar o seu robô na pista. O sensor continuava a revelar problemas e a luz piscava constantemente. O professor testou o seu programa no robô do estudante que funcionou perfeitamente; o problema não era do sensor mas sim do programa. Perante esta constatação, o professor sugeriu ao estudante que revisse o código-fonte do seu programa. O E02 testou o robô: o problema do sensor foi resolvido apesar do estudante não ter conseguido identificar o erro e considerar toda esta situação muito estranha. Efetivamente, o problema residia no código e na chamada à função responsável pela inicialização do sensor.

O professor deu *feedback* das experiências desenvolvidas pelos estudantes; foram apresentados os resultados e alguns dos problemas por eles vivenciados. O professor comenta que não basta alterar no código os valores das variáveis e das constantes; é necessário alterar a estrutura do programa e pensarem em novas soluções. O professor tentou motivar os estudantes fazendo uma breve reflexão sobre a vantagem

do cálculo do erro para o robô seguir eficientemente a linha. Para ajudar no raciocínio, o professor sugeriu a utilização de uma constante “Power” para representar a velocidade do robô quando seguisse em linha reta, ou seja, quando não ocorresse qualquer erro; explicou também que o valor do erro é fundamental para o controlador proporcional.

E01: “Mas stor... pode dar mal... repita-la isso que não percebi!”

O professor fez um esquema no quadro para explicar todo o processo.

E01 conclui: “... por isso o valor do erro não pode ultrapassar o valor de -100 e 100.”

O professor explicou-lhe que se energia, aplicada ao motor, não for válida, deve-se corrigir o valor com auxílio de uma estrutura condicional.

Como reforço, o professor debateu com os estudantes alguns conceitos matemáticos relacionados com a proporcionalidade direta. Seguidamente, o E05 apresentou no quadro, aos colegas da turma, um exemplo prático da proporcionalidade direta; com este exemplo, parecia que tudo ficara mais claro, no entanto, os estudantes manifestaram dificuldades em aplicar este conceito matemático na programação do robô.

Perto do final da atividade, o professor teve que ainda dar apoio aos estudantes E02 e E06 na correção de alguns erros no código. Os estudantes revelaram dificuldades na sequência das instruções utilizadas no código-fonte. Depois do apoio do professor, o E02 desenvolveu o código com mais confiança e começou a apresentar alguns resultados positivos na programação do robô.

ATIVIDADE A6 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: PARTILHA DE ESTRATÉGIAS E MÉTODOS ALTERNATIVOS

Ao contrário das sessões anteriores, não foi necessária a intervenção do professor para promover a interação entre os estudantes e o progresso da atividade, pois, logo de início que se verificou a partilha entre eles, de modo a construírem o conhecimento. Os estudantes foram os responsáveis pelo seu processo de aprendizagem e pela procura de estratégias e de métodos alternativos para o robô percorrer a pista. O professor apenas efetuou um *feedback* regular fornecendo algumas orientações imediatas aos estudantes; incentivou-os também a procurarem novas soluções, sugerindo a fusão de pelo menos dois controladores.

QUESTIONÁRIO - OPINIÕES DOS ESTUDANTES PARTICIPANTES

Segue-se a síntese estatística, das opiniões dos 20 estudantes, referente à afirmação 4 do questionário.

Q4: O feedback do professor e/ou dos colegas é importante para obter as informações necessárias e continuar a desenvolver a atividade

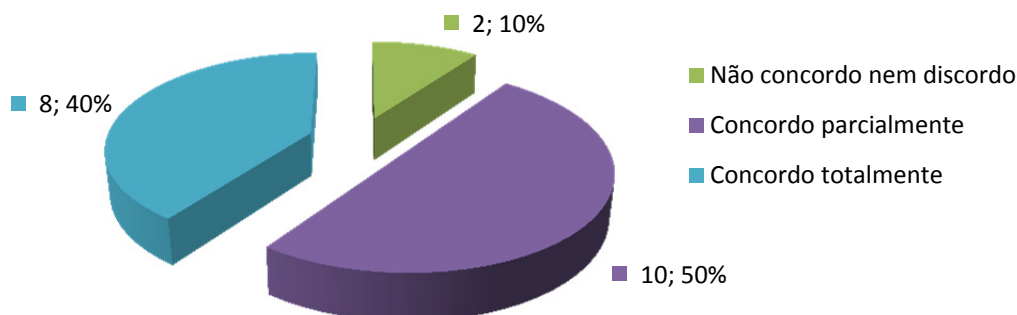


Figura 20: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 4 do questionário

A análise do Figura 20 permite constatar que a maioria dos estudantes considera o *feedback* do professor e/ou dos colegas importante para obter as informações necessárias e continuar a desenvolver as atividades experimentais; 40% concorda totalmente (máximo=5) e 10% não tem opinião (mínimo=3).

3.5. DIMENSÃO DE ANÁLISE: EFEITOS/RESULTADOS DO USO DO ROBÔ LEGO MINDSTORMS NA APRENDIZAGEM

ATIVIDADE A1 - APRESENTAÇÃO: ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA

No início da atividade A1, os estudantes revelaram muita indecisão e dificuldades na elaboração dos algoritmos, necessários para cada uma das experiências, pois durante a implementação do algoritmo no quadro, não responderam corretamente à maioria das perguntas e revelavam muitas dificuldades na tradução correta das ações do robô e na sua respetiva descodificação; também revelavam dificuldades na identificação das variáveis necessárias para o algoritmo, da instrução que permitia ler o valor do sensor e de algumas questões técnicas sobre o funcionamento do robô. Apesar da interação ativa manifestada pelos estudantes, da partilha de opiniões e sugestões, foi necessária a intervenção do professor para a elaboração correta dos algoritmos e, para além, das dificuldades manifestadas na implementação dos algoritmos, pouco depois, todos pareciam entender o comportamento do robô para cada um dos métodos utilizados e não revelaram dificuldade em identificar as fragilidades do robô nos pontos críticos da pista, considerando mesmo que a velocidade elevada do robô podia interferir na deteção da linha.

ATIVIDADE A2 - MOSTRA OS VALORES DO SENSOR

Apesar de a atividade ser aparentemente simples, foram necessárias duas sessões para os estudantes aprenderem a programar o sensor e escolherem o método de leitura mais adequado para o robô seguir a linha. O programa pretendia apenas mostrar no visor LCD do bloco NXT, os valores lidos pelo sensor de cor; desta forma, era possível conhecer com mais detalhe os seus valores quando o robô percorria a linha.

Os estudantes revelaram alguma confiança e motivação para aprenderem mas não demonstram progressos significativos quanto ao desenvolvimento do programa.

Alguns ausentavam-se do seu lugar para observarem e comentarem o código-fonte do programa de outros colegas de trabalho; juntavam-se para debaterem soluções e partilharem as suas experiências; ajudavam-se mutuamente na resolução de alguns problemas específicos da aplicação Bricx.

O E08 decidiu não desenvolver a atividade proposta no início da aula: preferiu programar o robô para seguir a linha antes de conhecer os valores do sensor.

O E01, depois de ter aceite o convite para programar no portátil do professor, manifestou uma atitude bastante diferente: esteve motivado, revelou empenho e bastante interesse em programar, ao contrário do E04 que, apesar de atento e empenhado, teve uma fraca participação.

Quando se ouve o toque de saída da 1ª sessão, os estudantes ficaram indiferentes e continuaram a atividade; preocuparam-se em completar a tabela do quadro com os dados devolvidos pelo sensor, enquanto outros continuaram a interagir com o professor, colocando várias perguntas, para melhor consolidar os conhecimentos; outros foram testar o robô na pista.

Na 2ª sessão desta atividade, alguns estudantes revelaram ainda dificuldades, nomeadamente no processo de leitura das 6 cores básicas. O estudante E01, ao contrário da 1ª sessão, revelou desta vez desinteresse e não estava concentrado para realizar a atividade

Quanto aos demais, normalmente, quando interagiam entre si, apresentavam o robô como se fosse um elemento participante do grupo, como de uma pessoa se tratasse.

Nesta sessão, apenas 3 grupos revelavam empenho na tarefa proposta; estavam concentrados na experiência e analisavam cuidadosamente os resultados procurando explicar os valores registados. Verificaram que nem sempre obtinham os mesmos resultados, em lugares semelhantes da pista, muitas vezes em resultado das sombras projetadas no robô. Nesses grupos, foram feitas várias experiências com sucessivo *feedback* do professor que desafiou os grupos para mostrarem no visor do NXT os valores das outras variáveis. Note-se, contudo que, para o estudante mostrar, na mesma linha, mais do que um valor no visor, era necessário conhecer outras funções

de manipulação do texto e, apesar do professor ter abordado estas funções, numa aula anterior, os estudantes revelaram dificuldades em concretizar o desafio.

Embora o E01 permanecesse ainda aborrecido, ele dirigiu-se ao colega E10 para desenvolverem juntos a atividade. A sessão estava prestes a chegar ao fim, mas o E01 mostrava-se agora mais empenhado e motivado; deixou de estar ausente e retomou ativamente a atividade. O envolvimento dos colegas na atividade afetou-o positivamente, conduzindo-o a uma mudança de comportamento semelhante aos dos colegas.

No final da atividade, os estudantes revelaram ainda algumas dificuldades, nos diferentes modos de leitura do sensor. Mais uma vez, apesar do toque de saída, alguns permaneceram na sala por estarem totalmente envolvidos e em plena atividade. A sessão terminou permanecendo 3 grupos na sala a testarem o robô na pista.

ATIVIDADE A3 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR DE 2 NÍVEIS

O estudante E02 revelou, logo no início da sessão, a preocupação em resolver alguns obstáculos da linha.

E02: “O problema vai ser o cruzamento”

Professor: “O cruzamento é apenas um pormenor... as dificuldades da linha devem ser resolvidas posteriormente.”

Os estudantes ainda revelavam dificuldades no uso da varável `raw` (um vetor com 3 elementos do tipo inteiro); mostravam também dificuldades em responder a questões sobre o código-fonte e na correta utilização das instruções específicas para a manipulação do sensor.

No início da atividade, alguns mostraram ansiedade em iniciar a programação e para assistirem o robô a seguir a linha.

E10: “Já o podemos por a andar?”

Professor: “Sim! É este o objetivo...”

O estudante E01 pediu ao professor para lhe propor um exercício em C, porque não queria programar o robô NXT. Parecia que não gostava de programar utilizando o robô e pretendia programar com uma linguagem mais genérica na aplicação Code::Block. Com o decorrer da atividade, foi possível constatar que ele revelava dificuldades em utilizar as instruções do robô, apesar de ser um bom estudante na disciplina de programação. Esta dificuldade podia inibi-lo a programar o NXT, uma vez que o comportamento do robô revela à turma o resultado do seu programa. Geralmente, um bom programador quer revelar bons resultados e pode não querer divulgar aos outros que não conseguiu atingir os seus objetivos.

E01: “Stor, podia-me dar um programa em C para eu fazer? Porque eu detesto isto!”

Professor: “Mas o programa do robô é na linguagem C!”

E01: “Em C não... em NXT.”

Professor: “Mas a programação no bloco NXT é na linguagem C...”

E01: “Os robôs são uma seca...”

Entretanto, os restantes colegas estavam concentrados a programar e criaram um ambiente de cooperação e de entreatajuda. Apenas os estudantes E03 e E09 revelaram pouco empenho, sem muito interesse ou concentração; apenas observavam, curiosos, os testes dos colegas.

Durante a fase de testes na pista, nem sempre o robô tinha o comportamento esperado e, muitas vezes, os estudantes, que revelavam mais conhecimento em programação, sentiam-se incomodados. Este comportamento foi presenciado pelo E06, quando foi testar o robô na pista que seguia apenas em frente. Quando ele observou que o robô não tinha o comportamento esperado, retirou-o de imediato da pista. Possivelmente queria que ninguém visse o “infeliz” resultado, mas o professor insistiu em refazer o teste. Ouviram-se risos na sala.

O E08 tinha um grande propósito: ver o código-fonte do programa do professor para o poder copiar. Queria que o seu robô seguisse a pista.

E08: “Stor, meta lá isso só para ver uma coisa...”

Professor: “Tens que tentar fazer o programa sozinho... qual a dificuldade que tens neste momento?”

E08: “Se não houvesse dificuldades já o tinha feito... onde é que ele guarda os valores?”

Professor: “Tens que declarar uma variável para guardar o valor do sensor... “

Nesta atividade, os estudantes não deram muita importância ao algoritmo nem leram com atenção o material de suporte. Pareceu que o uso do robô impediu o estudante a refletirem. Nesta sessão, nenhum grupo do 1º turno conseguiu programar o robô para seguir a linha e conseqüentemente não cumpriram com os objetivos da atividade. O professor reforçou que o sucesso do grupo é baseado essencialmente no seu esforço e na sua vontade para aprender e experimentar.

Apenas um grupo do 2º turno conseguiu, neste dia, concluir a atividade com sucesso. Para premiar o resultado, na semana seguinte, foi divulgado à turma, o vídeo “LEGO Mindstorms - Experiência Seguidor de Linha” que demonstrava os resultados positivos deste grupo.

Apesar do E01 não ter concluído o programa no portátil do professor, revelou no final da sessão mais interesse, empenho e confiança; mostrou também uma maior motivação na elaboração do programa.

Embora se tenha ouvido o toque de saída, o E02, E06 e E01 permaneceram ainda na sala.

ATIVIDADE A4 - CALIBRAR O SENSOR

Para concluir esta atividade, foram também necessárias duas sessões, uma vez que os estudantes revelaram muitas dificuldades em mostrar, no visor do bloco NXT, os valores máximo e mínimo, lidos pelo sensor.

No final da aula, nenhum grupo conseguiu terminar a atividade. Os estudantes mais empenhados, o E02, E10, E01 e E05, permaneceram na sala depois do toque de saída.

ATIVIDADE A5 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: CONTROLADOR PROPORCIONAL

Como a atividade anterior não tinha sido terminada, os estudantes preferiram continuar a calibrar o sensor, em vez de o professor revelar a solução e iniciar a próxima atividade.

Em relação aos estudantes com mais dificuldades de aprendizagem, a tendência foi de copiarem apenas o código e não de quererem aprender para poderem entender.

Quando o estudante E01 foi ajudar o grupo do E05, em vez de explicar-lhe o algoritmo, limitou-se apenas a divulgar-lhe o código.

Algumas vezes, porque o estudante fez alterações no programa, o robô deixou de ter o comportamento desejado. Nestas situações, geralmente, ele ficava desesperado e desmotivado. Por vezes, esta insatisfação impedia-o de pensar e corrigir o erro. O robô apresentava, por vezes, comportamentos que podiam dificultar a sua interpretação e a sua relação com as instruções do programa.

Quando se ouviu o toque de saída os estudantes E01, E06, E02, E04 e E07 não se importaram de permanecer na sala durante o intervalo.

Era notória a sua ânsia em quererem encontrar a solução. Apesar do programa não estar nas melhores condições, o professor disse ao E01 para testar o robô na pista.

Os estudantes revelavam ansiedade em resolver o problema e tentavam dar o melhor de si, competindo para encontrarem uma resolução. Porém, não quiseram explorar o controlador proporcional, talvez por ser um método mais difícil de implementar. Consideravam que o cálculo do erro, neste método, dificultava a ação do robô, uma vez que o controlador podia devolver valores inválidos para a potência do motor. Na verdade, este não era um problema real, dado que era possível limitar o valor da potência com o uso de uma estrutura condicional; por outro lado, os estudantes não estavam a conseguir combinar o cálculo do valor do erro com a ação do robô para seguir a linha.

Os estudantes desmotivavam pouco a pouco porque consideravam o problema difícil; começaram a desistir na busca de novas propostas para a resolução do problema.

A maioria não manifestou interesse em aplicar os conceitos da proporcionalidade direta divulgados pelo professor. Este conceito podia ser uma boa alternativa para o problema, mas os estudantes preferiram aplicar, nos seus programas, o controlador de 2 níveis.

Durante o debate, o E01 foi testar o robô na pista. Os estudantes deram mais atenção ao teste realizado por ele do que ao conceito de proporcionalidade direta apresentado pelo professor. Entretanto, E01 culpou o robô por não conseguir fazer a curva de 90° em vez de procurar, ele próprio, alternativas para o seu algoritmo.

Ouviu-se o toque de saída mas, mais uma vez, alguns grupos permaneceram na sala, desta vez para desenvolverem o programa. No entanto, pouco foram os que conseguiram implementar corretamente o programa com o controlador proporcional.

ATIVIDADE A6 - ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA: PARTILHA DE ESTRATÉGIAS E MÉTODOS ALTERNATIVOS

O E02 continuava a não perceber muito bem o controlador proporcional.

E02: “Se o erro for maior que zero, quer dizer o quê? Que está dentro ou fora?”

Professor: “Se o valor for maior que zero é porque o robô está na zona branca. Mas é preciso saber se ele está no lado direito ou esquerdo da linha: se estiver no lado direito, ele tem que virar para a esquerda, mas se estiver no lado esquerdo, ele tem que virar para a direita. Por este motivo, é preciso definir como o robô deve seguir a linha: se pela esquerda ou se pela direita.”

E01 e E02 testaram o robô na pista e preferiram abandonar o controlador proporcional, uma vez que o robô andava descontrolado; mantiveram-se fiéis ao controlador mais simples de implementar: o controlador de dois níveis.

Num dos testes, o robô do E01 girava descontroladamente; posteriormente já seguia a linha devagar mas com alguma oscilação. Depois de sucessivos testes e melhorias no código, o robô percorria a pista mais depressa, mas continuava com oscilação; percorria bem a pista mas não conseguia passar o cruzamento. Com alguma insistência, fez o cruzamento, mas quando regressa, o robô já não consegue passar.

O grupo E05 e E08 também testava o robô que passava o cruzamento mas não conseguia fazer a curva de 90°. Pareceu que o programa tinha sido copiado pelo código do E01.

O E11 desistiu de encontrar uma solução para o problema. Ao pedir esclarecimentos ao professor, revelou que ainda não tinha entendido como o robô seguia a linha; não sabia que o robô percorria um dos lados da linha; pensava ele que o robô seguia o

centro da linha. O estudante deu entender que se tinha limitado a copiar o programa de um colega.

O E16 também desistiu de melhorar o seu programa ou de encontrar alternativas para o problema e culpou o robô por não ter o comportamento que esperava, uma vez que na sessão anterior o robô seguia a pista muito bem.

Em geral, os estudantes continuavam a investir muito esforço na atividade; estavam muito interessados e estimulados. Este esforço contribuiu, algumas vezes, para que o estudante pedisse ao professor esclarecimentos acerca de conceitos de algoritmia e técnicas de programação, por exemplo, sobre a correta aplicação das estruturas de repetição e de decisão, sobre a declaração e manipulação de variáveis ou o uso de uma instrução específica do robô.

Em geral, os robôs seguiam a linha, mas não respondiam com eficácia nos pontos críticos da pista. Os estudantes debatiam juntos, com persistência, os resultados observados; por vezes, demonstravam vaidade e queriam mostrar aos colegas que era o seu robô que seguia melhor a pista; no entanto, a maioria fazia apenas pequenas alterações no programa, como a alteração dos valores de algumas variáveis. Estas alterações eram insuficientes para resolver o problema das curvas de 90º e do cruzamento. Verificou-se que, se o robô conseguia seguir as curvas de 90º, já não era capaz de passar o cruzamento; a resolução de um dos problemas provocava sempre o agravamento de outro. Apesar da dinâmica da aula e da participação ativa manifestada pelos estudantes, não se detetava progresso na resolução dos problemas e no desenvolvimento do raciocínio lógico nos estudantes. Todos manifestavam vontade de mostrar o seu robô a completar o percurso da linha, mas sem sucesso.

O E01 tentou, com os colegas, desenvolver uma nova estratégia para a resolução do problema: quando o robô seguisse a linha, mostraria, no visor, o valor lido pelo sensor; pretendia saber se o sensor detetava valores diferentes no cruzamento e nas curvas de 90º. O professor considerou o método interessante e revelou aos outros a intenção do colega. Durante a fase de testes, o estudante posicionava cuidadosamente o robô em vários locais do cruzamento e registava o valor lido pelo sensor que era exibido no visor do bloco NXT.

QUESTIONÁRIO - OPINIÕES DOS ESTUDANTES PARTICIPANTES

Segue-se a síntese estatística, das opiniões dos 20 estudantes, referente às afirmações 6, 9 e 11 do questionário.

A maioria dos estudantes concorda parcialmente que o robô favorece a troca de informação e a interajuda entre estudantes (moda=4); 30% concorda totalmente (máximo=5) e 15% não tem opinião (mínimo=3).

Q6: O robô favorece a troca de informação e a interajuda entre estudantes

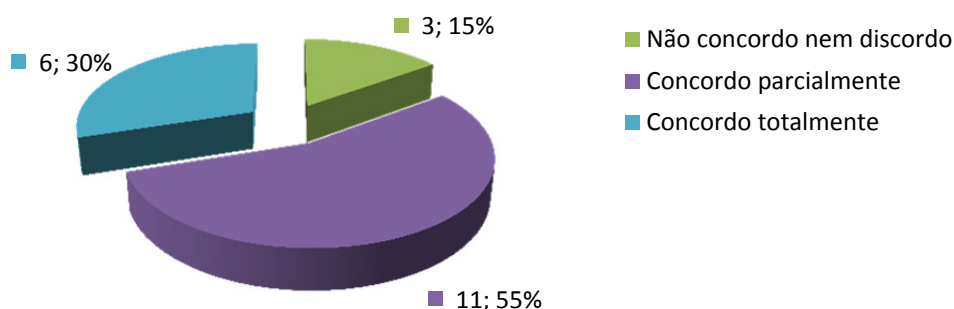


Figura 21: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 6 do questionário

A análise do Figura 22 sugere que a maioria dos estudantes concorda parcialmente que a utilização do robô foi motivadora para desenvolver e melhorar as suas habilidades de raciocínio lógico e técnicas de programação (moda=4); 40% concorda totalmente (máximo=5) e 10% discorda com esta opinião (mínimo=2).

Q9: O robô foi motivador para desenvolver e melhorar as minhas habilidades de raciocínio lógico e técnicas de programação

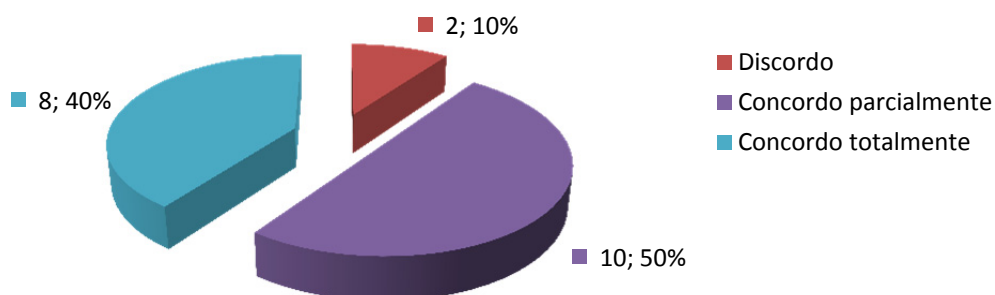


Figura 22: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 9 do questionário

No que diz respeito à participação do estudante nas atividades, os resultados sugerem que a maioria dos estudantes está satisfeita; 5% discorda totalmente estar satisfeito em participar nas atividades (mínimo=1) e 50% concorda totalmente (máximo=5). Por outro lado, a análise permite constatar que as opiniões dos estudantes não são homogêneas (desvio-parão=0.979)

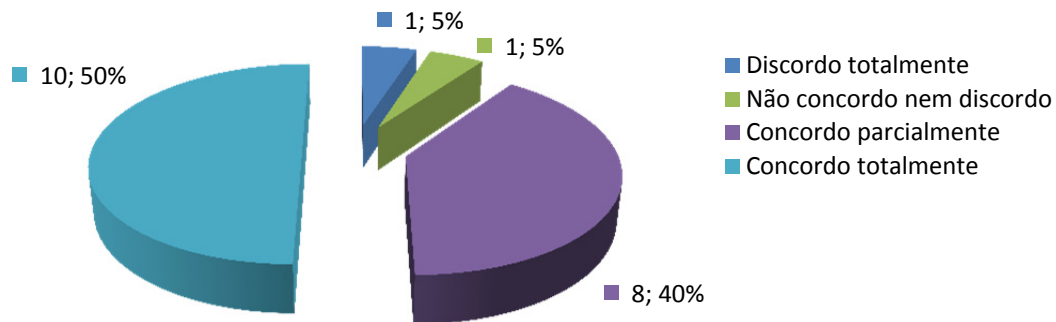
Q11: Estou satisfeito em participar nas atividades de robótica

Figura 23: Opiniões dos estudantes sobre a afirmação 11 do questionário

CAPÍTULO 4.

COMENTÁRIOS FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

4.1. COMENTÁRIOS FINAIS

Este trabalho de investigação pretende contribuir para a promoção e desenvolvimento da utilização do robô LEGO mindstorms NXT, como medium de comunicação, na aprendizagem de algoritmia e iniciação à programação. Para dar cumprimento a esta finalidade, foram implementadas estratégias de comunicação e de aprendizagem, mediadas pelo dispositivo de comunicação LEGO mindstorms, com base no processo de comunicação da Figura 7, em contexto de formação profissional, integrado na disciplina de PSI do curso profissional de técnico de GPSI. Este estudo exploratório e descritivo também pretende verificar a existência de mudanças na aprendizagem de algoritmia e de programação, fruto das intermediações dinamizadas pelo docente na utilização do dispositivo de comunicação LEGO mindstorms.

Importa destacar que os resultados obtidos, através da análise de dados, aludem a que o uso dos robôs LEGO mindstorms e a construção de mensagens resultantes da comunicação mediada por esta tecnologia podem não facilitar nem trazer benefícios significativos à aprendizagem de introdução à programação; no entanto, parecem demonstrar que o seu uso pode melhorar consideravelmente a interação do estudante com o ambiente de aprendizagem.

Tendo em conta o exposto, o investigador está convicto que a inclusão dos robôs no ensino da algoritmia e iniciação à programação, enquanto medium de comunicação, pode acelerar a mudança de comportamentos e melhorar a comunicação entre os estudantes e também entre estes e o seu professor, motivando-os para aprender e partilhar estratégias de pensamento eficazes, na resolução de novos problemas; para

tal, é imprescindível que as atividades integrem uma visão multidisciplinar, enquadradas preferencialmente num contexto competitivo e que contenham objetivos bem definidos. No entanto, para promover esta mudança e contribuir para uma aprendizagem cooperativa de algoritmia e técnicas de programação, é preciso dar ênfase à interpretação da informação que o robô pode proporcionar e às mensagens que os estudantes constroem a partir da interação simbólica com esta tecnologia. Neste contexto e tendo em conta os resultados obtidos nesta investigação, os estudantes nem sempre foram credíveis na construção dessas mensagens; geralmente, os estudantes revelaram dificuldades na decodificação e interpretação das informações e ações comportamentais que o robô pode proporcionar, o que, conseqüentemente, afeta a sua percepção e aquisição do raciocínio lógico-matemático. Outra dificuldade manifestada pela maioria dos estudantes foi a sua incapacidade em combinar e traduzir adequadamente o comportamento e as ações do robô com a sequência de instruções do programa, fator essencial para efetuarem as possíveis correções ou melhorias no programa. Perante estas dificuldades e em situação de aula, o professor teve que efetuar um *feedback* regular fornecendo algumas orientações imediatas aos estudantes.

Partindo destes princípios, é importante destacar que o uso do robô, enquanto medium de comunicação, estimulou o interesse, a curiosidade e a atenção da maioria dos estudantes, o que facilita a criação de oportunidades para desenvolverem competências no âmbito da comunicação e da interação. Poucos foram os estudantes que elaboraram um trabalho individual; a execução das atividades pautou-se essencialmente pela partilha de experiências, troca de ideias, interajuda entre estudantes, na discussão de soluções e na comparação dos resultados. A experiência do professor-investigador mostra que a envolvência do estudante nas atividades tem um efeito estimulante na aprendizagem de algoritmia e programação; no entanto, é de realçar que, neste estudo, o importante não foram os resultados, mas sim o desenvolvimento de todo o processo comunicativo, influenciado por esta tecnologia.

O ambiente de aprendizagem revelou-se interacional, participativo e extremamente dinâmico. A interação com o robô melhorou significativamente as fases de teste e de depuração e pareceu ter despertado nos estudantes o sentido de partilha: pareceram revelar um maior esforço e empenho nas atividades, tendo-se mostrado mais interessados e estimulados, se comparado com outras aulas onde o professor investigador utilizava apenas estratégias e recursos tradicionais isto é, quando aplicava uma linguagem de programação mais generalizada e sem o uso do robô. Quando os estudantes interagem com o robô, tal parecia aumentar a sua propensão para o raciocínio lógico-matemático, a sua tendência para explorar novas soluções e a sua intenção em resolver o problema. A energia dos estudantes foi frequentemente demonstrada pelas suas emoções faciais e postura na sala de aula que expressaram bem a sua envolvência nas atividades; no final de cada sessão, ficaram

frequentemente indiferentes quando ouviam o toque de saída e muitos deles preferiam permanecer na sala para continuarem a atividade.

O suporte vídeo permitiu que os estudantes aceitassem com entusiasmo os desafios propostos; outrossim, despertou neles o interesse e a intenção de querer resolver o problema; também os estimulou a darem início à metacomunicação.

A análise de dados sugere claramente que o uso do robô estimulou e incentivou os estudantes para interagirem entre si, todavia, nem sempre esta interação favoreceu uma aprendizagem cooperativa e uma participação construtiva do conhecimento. A utilização do robô, por si só, revelou muitas vezes ser insuficiente para estimular a reflexão do estudante no ambiente de aprendizagem. Alguns tornaram-se apenas recetores passivos de conhecimento, utilizando a informação partilhada, copiando o código fonte do programa, fazer o upload para o bloco NXT, executá-lo e, por fim, testar o robô. Estes estudantes não desenvolveram nem o sentido de parceria nem a capacidade de contribuição.

Foi também possível constatar que, depois dos estudantes dedicarem algum tempo ao planeamento de uma atividade, a maioria refletiu pouco sobre o algoritmo e concentrou-se mais em aplicar o método de tentativa e erro, discutindo essencialmente sobre aspetos concretos relacionados com o comportamento do robô. Nas atividades com maior duração ou de maior complexidade, foi possível observar o cansaço em alguns deles. Nestas situações, as soluções apresentadas eram pouco diversificadas e as tarefas desenvolvidas pelos estudantes começaram a ser banalizadas e rotineiras pois, centravam-se em testes repetitivos que exigiam pouca reflexão. Por outro lado, nem sempre o robô apresentava o comportamento desejado e, perante os resultados obtidos, os estudantes começavam a ficar insatisfeitos comprometendo a sua motivação para continuar a atividade.

Apesar do robô demonstrar visualmente a forma como um dado algoritmo funciona e promover a interação com o ambiente de aprendizagem, a análise de dados sugere que nem sempre os estudantes conseguiam representar de forma adequada as suas ideias abstratas, por meio da discussão entre os colegas. A maioria revelou ter dificuldades em programar e em resolver um determinado problema com auxílio do robô, mesmo aqueles que possuíam bons conhecimentos de programação ou de matemática; conseqüentemente, foi necessário, em algumas atividades, prolongar o número de sessões para poder completar o desafio e dar cumprimento aos objetivos definidos na atividade pois, apesar de estas serem aparentemente simples, o uso do robô implicou que o estudante dominasse diversos conceitos em diferentes áreas curriculares; portanto, é lícito concluir que o uso do robô pode dificultar a programação e a resolução de um problema se o estudante não souber aplicar corretamente as instruções específicas dos sensores e dos atuadores do robô, ou mesmo, se não dominar alguns conceitos mais ou menos complexos de mecânica, física ou matemática; muitas vezes, uma má interpretação do comportamento do

robô, num determinado contexto, dificultou as fases de teste e de depuração no processo da programação, o que influenciou negativamente a tomada de decisões visando a resolução de um determinado problema.

A maioria dos estudantes também demonstrava dificuldades em saber relacionar, combinar ou traduzir a ação do robô com o código-fonte do programa. A capacidade de traduzir corretamente o comportamento do robô pode tornar mais fácil a detecção de problemas o que nem sempre se revelou uma tarefa fácil. Perante estas dificuldades, o robô foi visto, muitas vezes, no processo de comunicação, como um participante ativo que devia assumir a culpa se algo corresse mal ou se não tivesse o comportamento que se desejava. Apesar das dificuldades sentidas, os estudantes persistiam e debatiam juntos, o problema que surgira; no entanto, o professor teve que ajudar a alguns na detecção de pequenas incorreções no código ou na discussão de novas estratégias para poderem continuar com a atividade de programação. Geralmente, os estudantes optavam por implementar soluções mais simples ou efetuavam apenas pequenas alterações no programa, que, muitas vezes, se revelavam insuficientes ou pouco eficientes na resolução do problema; outros desmotivavam, pouco a pouco, porque consideravam o problema difícil e começavam a desistir na busca de novas propostas para a resolução do problema. Durante a fase de testes, e quando o robô tinha o comportamento inesperado, muitas vezes, os estudantes, que revelavam mais conhecimento em programação, sentiam-se incomodados.

Foi possível verificar que os estudantes, com mais dificuldades, pediam com frequência a ajuda dos colegas que apresentavam melhores resultados e, nestas situações, foi possível presenciar o *feedback* entre eles. No entanto, apesar da interação ativa manifestada, da entreaajuda e da partilha de opiniões, foi necessária, muitas vezes, a intervenção do professor para a elaboração correta dos algoritmos ou para a detecção de erros de compilação. Assim, o *feedback* regular revelou ser indispensável em todas as atividades para fornecer algumas orientações imediatas.

Na última atividade desenvolvida, que despertava o espírito da competitividade, apesar das dificuldades, os estudantes permaneceram bastante interessados em aprender, portanto em encontrar uma solução. O *feedback* do professor passou gradualmente a não ser necessário; os estudantes pareciam menos dependentes e começaram a discutir mais em grupo. Neste espírito algo competitivo, a interação entre eles revelou ser mais ativa e então revelaram ansiedade em quererem encontrar a solução. A metacomunicação foi estabelecida com mais frequência, essencialmente quando os estudantes comunicavam sobre os comportamentos que observavam ou sobre as dificuldades que encontravam durante as suas experiências e interações com o robô; interpretavam e tentavam prever o comportamento do robô, procurando sempre dar sentido a esse comportamento; não raras vezes, enquanto observavam o robô, interagiam entre si buscando ideias e soluções.

Promover o “aprender a aprender”, mediado pelo dispositivo LEGO mindstorms, exige muito mais que interagir com o robô: não basta fazer o *upload* e clicar no botão para executar o programa. É preciso metacomunicar, discutir e interpretar com rigor o comportamento do robô, combinar e traduzir adequadamente as suas ações com a sequência de instruções do programa; não basta experimentar, é necessário refletir, discutir, negociar, partilhar, cooperar por forma a desafiar o estudante a dar utilidade ao seu conhecimento, por forma a efetuar as possíveis correções ou procurar novas soluções que possam permitir melhorar o seu programa.

As opiniões dos estudantes, obtidas no questionário, são favoráveis à utilização dos robôs como mediadores do processo de comunicação na aprendizagem da programação e a maioria refere que ficaram satisfeitos por participar nas atividades interagindo com esta tecnologia. A maioria acredita que o robô favorece a troca de informação e a interajuda entre eles, pois é visto como um elemento motivador para desenvolver e melhorar as suas habilidades de raciocínio lógico e técnicas de programação. É importante destacar que o resultado do questionário demonstra que os estudantes têm geralmente dificuldade em resolver um problema com o auxílio do robô mas consideram que a interpretação do seu comportamento, durante as fases de teste e depuração, os pode ajudar a compreender melhor o seu programa, contribuindo para a partilha e discussão do problema. A maioria considera também que o robô apresenta os programas de forma mais concreta e que o *feedback* do professor e dos colegas é importante para continuar a desenvolver as suas atividades.

Resumidamente, a análise de dados sugere alguns benefícios na utilização dos robôs como medium de comunicação; a saber:

- estimula o interesse, a curiosidade e a atenção dos estudantes;
- facilita a criação de oportunidades para os estudantes desenvolverem competências no âmbito da comunicação e interação;
- promove a partilha de experiências e incentiva a coprodução, a troca de ideias, a entreaajuda dos estudantes, a discussão de soluções e a comparação dos resultados;
- representa o algoritmo e as ideias abstratas dos estudantes em comportamentos concretos, que aparentam ser de mais fácil interpretação;
- os estudantes desenvolvem e testam algoritmos com um retorno imediato dos resultados;
- promove a metacomunicação entre os estudantes - o que é essencial em todo o processo da programação; os estudantes interpretam e refletem sobre os comportamentos que observam e sobre as dificuldades que encontram durante as suas experiências e interações com o robô.

Todavia, a análise de dados demonstra também que os estudantes geralmente têm dificuldade em resolver um problema com auxílio do robô. As principais razões identificadas são:

- os estudantes são por vezes confrontados com a necessidade de relacionar e aplicar diversos conceitos em diferentes áreas curriculares, como a mecânica, física ou matemática, para resolver um determinado problema;
- a utilização do robô dá ênfase à aprendizagem por tentativa e erro, menosprezando a reflexão individual;
- o robô nem sempre tem o mesmo comportamentos comparado com outros que também estejam na mesma situação ou no mesmo contexto, o que se deve por exemplo à pouca carga da sua bateria ou às limitações específicas de um determinado sensor;
- o robô apresentava, por vezes, comportamentos que podiam dificultar a sua interpretação; o comportamento do robô podia ser interpretado de forma ambígua, e conseqüentemente, o robô dificultava a comunicação sobre o modo como o seu comportamento deve ser entendido, ou seja, dificultava muitas vezes a metacomunicação;
- geralmente, os estudantes revelavam dificuldades em relacionar o concreto com o abstrato, ou seja, relacionar a linguagem comportamental do robô com o código-fonte do programa, que devem ser permanentemente combinados e traduzidos.

Da análise dos dados, surge um conjunto de recomendações, que permitem reforçar estas precauções:

- efetuar um *feedback* regular fornecendo algumas orientações imediatas aos estudantes;
- recorrer à utilização de suporte vídeo ou de outros materiais multimédia;
- criar um ambiente social de aprendizagem com ferramentas da web 2.0 para promover a colaboração e a partilha do conhecimento;
- desenvolver atividades não olvidando uma visão multidisciplinar, enquadradas num contexto competitivo e com objetivos bem definidos;
- apresentar problemas desafiantes;
- implementar atividades que integrem uma parceria com projetos extracurriculares ou interdisciplinares, como por exemplo, a participação em competição nacionais de robótica ou a candidatura em concursos na área de robótica.

4.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A realização deste trabalho de investigação proporcionou ao professor-investigador uma experiência única e enriquecedora, tanto a nível pessoal como profissional, promovendo a reflexão acerca das suas práticas letivas, essencialmente as de cariz metodológico, na intenção de encontrar novas estratégias, buscando utilizar, de forma mais adequada e eficiente, a tecnologia LEGO mindstorms, no suporte à aprendizagem de algoritmia e iniciação à programação, no contexto dos cursos profissionais.

Depois de terminada a recolha de dados e enquanto o professor investigador terminava a respetiva análise e conclusão do trabalho de investigação aqui apresentado, sentiu esta a necessidade de promover, explorar e estender a utilização dos robôs LEGO mindstorms a outras áreas disciplinares e a outras faixas etárias, aplicando novas metodologias de trabalho. Até então, tinha desenvolvido vários projetos interdisciplinares e extracurriculares, promovendo ativamente a utilização dos robôs LEGO mindstorms, no processo da comunicação e aprendizagem, nomeadamente: um workshop com robôs, intitulado “Robôs para Interagir”², realizado num Centro Escolar do 1º Ciclo; participação no concurso nacional “Ciência na Escola”, 10ª edição, promovido pela Fundação Ilídio Pinho em parceria com o Ministério da Educação, com o projeto “Conta-nos uma história - interagindo com robôs”³, no qual ficou selecionado para a fase final e considerado de mérito pelo júri nacional do concurso; participação em dois torneios nacionais de robótica, ROBOTICA'2012, em Guimarães e Robotop 2012, em Santo Tirso. Para dar suporte e cumprimento a estas experiências, o professor investigador teve que integrar duas sessões por semana, na disciplina de PSI, atividades de construção e programação de robôs.

O projeto “Conta-nos uma história - interagindo com robôs” permitiu desenvolver nos estudantes diversas competências de aprendizagem, sociais e de comunicação; através do referido projeto, foram contadas e dramatizadas histórias infantis, de forma criativa, tendo-se utilizado recursos tecnológicos diversos, nomeadamente os robôs do kit LEGO mindstorms NXT. Cada robô protagonizou uma personagem da história e interagiu com as crianças no decorrer da ação.

Um dos aspetos fundamentais deste projeto foi a articulação entre várias disciplinas dos cursos profissionais, técnico de apoio à infância, técnico de GPSI e técnico de multimédia, conciliando conhecimentos e práticas de áreas diversas, integrá-las numa ação comum, estabelecendo pontes de diálogo entre todas as partes envolvidas. As várias dimensões deste projeto - pedagógica, científica, ecológica, tecnológica, artística, lúdica - implicaram os estudantes em ações diversificadas com os seus grupos de pares e outros que convergiram na construção de um produto final comum; por outro lado, facilitaram a comunicação entre diferentes faixas etárias, promovendo a

² <http://videos.sapo.pt/v4iRlbfkjuOAzzUp2zN>

³ <http://videos.sapo.pt/2Ltugt8WdKqDBJPJuOTL>

aproximação entre elas. A diversidade de situações de aprendizagem (formais e não formais), as múltiplas experiências educativas, a cooperação e a participação no trabalho colaborativo foram contributos para a formação pessoal de todos quantos nelas estiveram envolvidos. As diversas atividades do projeto foram muito participadas e elogiadas; os estudantes envolveram-se de forma extraordinária ao longo de todo o processo, colaborando muito para além dos tempos letivos, sempre acompanhados e orientados pelos professores dinamizadores.

Por conseguinte, o professor investigador acredita que a tecnologia deve estar presente na escola e na sala de aula; consequentemente e baseado nesta sua convicção e experiência pessoal, tem pedido, ao longo destes últimos 3 anos, um gradual e alargado número de requisições para a escola adquirir novos equipamentos tecnológicos, nomeadamente, kits LEGO mindstorms NXT 2.0, diversos sensores avançados e outros acessórios para os robôs LEGO mindstorms NXT, de marca hitechnic, dexter e outras mais especializadas como a mindsensor; recentemente foram adquiridos, entre outros, sensores térmicos infrared, detetores de linha com 8 sensores de luz, câmara de vídeo para o bloco NXT, e outros acessórios como painéis de energia solar e duas extensões wifi para o bloco NXT (o WifiBlock). Aguarda-se a chegada de Arduínos Android para o bloco NXT, Arduínos Kit Workshop, tablets Androide e um tablet iPad da 3ª geração. Regista ainda e com agrado que, em 3 anos, a escola já adquiriu 14 kits LEGO mindstorms NXT.

Tendo em conta os recursos técnicos recentemente adquiridos pela escola, a prática ultimamente vivenciada a partir da realização de projetos interdisciplinares e extracurriculares com a colaboração ativa dos estudantes na disciplina de PSI e a formação adquirida durante a elaboração deste trabalho de investigação, acredita o professor investigador que tal constitui o começo para o futuro desenvolvimento de outras pesquisas.

Sublinha-se o bloco Wifi para LEGO mindstorms NXT, recentemente adquirido pela escola, que mereceu uma cuidada atenção do investigador. É um dispositivo compatível com a rede sem fios possibilitando a comunicação através da Internet ou de uma rede local. Agora o robô pode fazer parte de uma nova dimensão que é a Internet. O WifiBlock é conectado a uma das quatro portas de entrada do bloco NXT, recebe instruções do robô e transmite-as através de uma Rede IP, utilizando a ligação da rede sem fios disponível da escola. É possível a troca de mensagens entre o WifiBlock com qualquer dispositivo ligado à rede local, como o computador, smartphone, tablet ou com servidores web.

O bloco wifi WifiBlock permite desenvolver diversos projetos, desde um controle remoto, registo e análise de dados adquiridos através de sensores, protótipo que permita uma gestão inteligente da casa (domótica) ou até mesmo a criação de uma estação de meteorologia com a comunicação wireless. O WifiBlock pode proporcionar novos ambientes de aprendizagem e de comunicação e permite abrir portas para

aplicações mais aliantes; por exemplo, o robô NXT pode enviar mensagens numa rede social como o *Facebook* ou através do *Twitter*, avisando quando deteta um obstáculo ou quando um determinado sensor for ativado. O robô pode ser inserido num novo sistema de comunicação com a capacidade de proporcionar novas mensagens. Estas novas aplicações podem ter um grande impacto na criação de novas estratégias de aprendizagem e de comunicação.

Tendo em conta o exposto, e em primeiro lugar, o investigador admite que é necessário aprofundar as pesquisas sobre a aplicabilidade do WifiBlock na tecnologia LEGO mindstorms NXT; numa implementação futura, seria interessante aplicar o ensino b-Learning na disciplina de PSI, utilizando e conectando o robô LEGO mindstorms NXT com o bloco Wifi WifiBlock, principalmente se o b-Learning fosse também enquadrado num contexto interdisciplinar.

4.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo apresentou algumas limitações que, embora não tenham impedido o seu prosseguimento, não permitiram que se chegasse a outros possíveis resultados que poderiam vir a revelar-se úteis no processo de desenvolvimento de posteriores linhas de investigação; a saber:

- Pouca disponibilidade do professor investigador para implementar o projeto de investigação.

O investigador sublinha que, em setembro próximo passado, considerou iniciar um ensaio com os kits educacionais LEGO mindstorms; para tal, criou um site de suporte e de *feedback*, destinado a apoiar os estudantes e respetivo projeto; por outro lado, viu-se na necessidade de preparar as suas aulas de modo diverso daquilo que habitualmente faz. Consequentemente, houve um dispêndio de tempo extra e inesperado, uma vez que as metodologias tiveram que ser planificadas/adaptadas a essa nova tecnologia. Acresce referir que mais de metade das aulas dadas, durante o 1º período, foram também aproveitadas para se fazerem ensaios e experiências, assim como ocupou algum do seu tempo para que os estudantes tivessem um contacto inicial com a utilização dos robôs.

Quer o investigador destacar ainda que, na presente data, os aspetos apresentados têm sido de comprovada utilidade, pois continuam a funcionar;

- Esta estratégia de comunicação e aprendizagem foi aplicada a uma turma, dividida em dois turnos; em ambos se gravaram sessões do trabalho feito. As sessões foram organizadas em seis atividades, de crescente complexidade e respeitando a mesma intenção: o robô deveria seguir eficientemente todo o percurso da pista;

Tudo isto foi levado a efeito – e gravado digitalmente – nos dois turnos, porém, a análise incide apenas sobre o registo obtido num deles, escolhido aleatoriamente. Tal decisão teve como base contingências de ordem temporal que condicionam a entrega desta tese (e a condição de profissional do investigador que se vê confrontado com a necessidade de cumprir o programa modular da disciplina): se o investigador tivesse podido apresentar e analisar os conteúdos das gravações obtidas em ambos os turnos, disporia de uma amostra maior, com os respetivos dados, que analisaria e, conseqüentemente, os resultados obtidos seriam, porventura, mais fidedignos, mais clarificados e/ou aprofundados. Esta realidade lamenta-a o investigador mas a ela teve de se submeter o que o levou a renunciar, por ora, a esse propósito. Retomá-lo-á... a seu tempo;

- O trabalho que agora termina teve o seu início no ano letivo transato; tal implicou que esta tecnologia fosse aplicada a duas turmas diferentes (com perfis diversos), durante dois espaços temporais: os anos letivos de 2010/11 e 2011/12; relembra o investigador que o estudo empírico refere-se apenas ao primeiro espaço temporal.

Este ano, os resultados obtidos foram bastante mais satisfatórios, mas o investigador tem para si que o nível intelectual e a motivação dos estudantes deste ano eram superiores; não é, pois, de admirar que os resultados que obteve junto desta última turma fossem francamente superiores e que tenham sido influenciados por tais características. Reconhece, portanto, como limitação o facto de não ter correlacionado os resultados que obteve com os diferentes estilos de aprendizagem e perfil dos estudantes – o que veio a determinar os dados finais;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANQ. (2005). *PROGRAMA - Componente de Formação Técnica: Disciplina de Programação e Sistemas de Informação*. Portugal: Direcção-Geral de Formação Vocacional / Ministério de Educação Retrieved from <http://www.anq.gov.pt/default.aspx>.
- Antunes, C. (1998). *As inteligências múltiplas e seus estímulos*. São Paulo: Papirus.
- Bateson, G. (1979). *Mind and nature: A necessary unity*. New York: E. P. Dutton.
- Bateson, G. (2000). *Steps to an Ecology of Mind*. Chicago, Illinois - USA: The University of Chicago Press.
- Bateson, G. (2006). *Naven: um esboço dos problemas sugeridos por um retrato compósito, realizado a partir de três perspectivas, da cultura de uma tribo da Nova Guiné* (2ª edição ed.). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Bateson, G., & Donaldson, R. E. (2006). *Una unidad sagrada: Pasos ulteriores hacia una ecología de la mente* (A. Bixio, Trans.). Barcelona, España: Editorial Gedisa, S.A.
- Berlo, D. K. (2003). *O processo da Comunicação: Introdução à Teoria e à Prática* (10ª ed.). São Paulo: Martins Fontes.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos* (M. J. Alvarez, S. B. d. Santos & T. M. Baptista, Trans.): Porto Editora.
- Bordenave, J. E. D. (1995). *Além dos Meios e Mensagens: Introdução à Comunicação como processo, tecnologia, sistema e ciência* (7ª ed.). Petrópolis: Vozes.
- Bordenave, J. E. D. (1997). *O que é Comunicação*: Editora Brasiliense.
- Brophy, J. (1987). Synthesis of Research on Strategies for Motivating Students to Learn. *Educational leadership*, 45(2), 40-48.
- Centeno, M. J. (2009). *O Conceito de comunicação na obra de Bateson: Interação e regulação*. Covilhã: Livros LabCom.
- Cloutier, J. (1975). *A era de EMEREC ou A comunicação audio-scripto-visual na hora dos self-media* (2ª ed.). Lisboa: Ministério da Educação e Investigação Científica - Instituto de Tecnologia Educativa.
- Coutinho, C. P. (2008). A influência das teorias cognitivas na investigação em Tecnologia Educativa: Pressupostos teóricos e metodológicos, expectativas e resultados. *Revista Portuguesa de Educação*, 21(n.º 1), 101-127 pp.
- Danton, G. (2004). Teorias da Comunicação Retrieved from http://virtualbooks.terra.com.br/osmelhoresautores/download/teorias_da_comunicacao.pdf
- Delman, A., Goetz, L., Langsam, Y., & Raphan, T. (2009). Development of a System for Teaching C/C++ Using Robots and Open Source Software in a CS1 Course.
- Domingues, J. A. (2009). *Paradigma mediológico: Debray depois de McLuhan*. Covilhã: LabCom Books.
- ERTE/PTE. (2010). Iniciativa "Aprender e Inovar com TIC" 2010-2013 Retrieved Dezembro de 2010, from <http://erte.dgicd.min-edu.pt/index.php?section=342>

- Esteves, M., & Mendes, A. (2007). OOP-ANIM, Software de Apoio à Aprendizagem da Programação Orientada aos Objectos. *Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet 2007*.
- Europeia, C. (2010). *Uma Agenda Digital para a Europeia - Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões*. (COM(2010) 245). Bruxelas.
- Figueira, O. R. G. (2008). *DROIDE M.L.P.: Potencializando a plataforma*. (grau de Mestre em Engenharia Informática Dissertação), Universidade da Madeira, Funchal – Portugal.
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa* (J. E. Costa, Trans. 3ª Edição ed.). São Paulo: Bookman.
- Frison, L. M. B., & Schwartz, S. (2008). Motivos para aprender. In M. Abrahão(Org) (Ed.), *Professores e alunos: aprendizagens significativas em comunidades de prática educativa* (pp. 183-206). Porto Alegre: ediPUCRS.
- Gaspar, L. A. d. S. (2007). *Os Robots nas Aulas de Informática Plataformas e Problemas*. (Grau de Mestre em Engenharia Informática Dissertação), Universidade da Madeira, Funchal – Portugal.
- GEPE. (2008). *Modernização tecnológica do ensino. Análise de modelos internacionais de referência*. (Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação (GEPE). Ministério da Educação ed.). Lisboa.
- Gil, A. C. (2002). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (4ª Edição ed.). São Paulo.
- Gomes, A., & Mendes, A. J. (2007, September 3-7, 2007). *Learning to program - difficulties and solutions*. Paper presented at the International Conference on Engineering Education - ICEE, Coimbra, Portugal.
- Gomes, A., & Mendes, A. J. (2010). *A study on student performance in first year CS courses*.
- Hall, E. T. (1994). *A linguagem silenciosa* (M. Paraíso, Trans.). Lisboa: Relógio D'Água Editores.
- Jenkins, T. (2002). *On the Difficulty of Learning to Program*. Paper presented at the 3rd Annual LTSN-ICS Conference, Loughborough University, UK.
<http://www.ics.heacademy.ac.uk/Events/conf2002/tjenkins.pdf>
- Joplin, L. (1995). On Defining Experiential Education. In K. Warren, M. Sakofs & J. Jasper S. Hunt (Eds.), *The Theory of Experiential Education. A Collection of Articles Addressing the Historical, Philosophical, Social, and Psychological Foundations of Experiential Education* (Third Edition ed., pp. 15-22): Kendall/Hunt Publishing Company.
- Keller, J. (2000). How to integrate learner motivation planning into lesson planning: The ARCS model approach. *VII Semanario, Santiago, Cuba*.
- Keller, J. (2006). ARCS Model of Motivational Design Retrieved 19 Jan, 2011, from <http://www.arcsmodel.com/home.htm>
- Laevers, F. (2009). Educação Experiential: tornando a educação infantil mais efetiva através do bem-estar e do envolvimento. *Revista Contrapontos*, 4(1).
- LEGO, G. (2008). *LEGO Mindstorms Education - Manual do NXT 2*.
- Liao, H.-C., & Wang, Y. (2008). Applying The ARCS Motivation Model In Technological And Vocational Education. *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*, 1(2), 53-58.

- Lopes, M. d. C. d. O. (1991). *Comunicação e prática pedagógica: Contributos para a definição de prática pedagógica. Sua incidência no bacharelado de Educação de Infância*. (Trabalho de síntese apresentado para provas de aptidão pedagógica e capacidade científica), Secção Autónoma de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Lopes, M. d. C. d. O. (2004). *Comunicação Humana: contributos para a busca dos sentidos do humano*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Lopes, M. d. C. d. O. (2011a). 31. Paper presented at the VII Conferência Internacional de TIC na Educação - Challenges 2011, Complexo Pedagógico I, Campus de Gualtar, Braga.
- Lopes, M. d. C. d. O. (2011b). *From the Ecology of the Human Spirit to the Development of the Orchestral Theory of Communication*. Paper presented at the INTED 2011 Proceedings – International Technology, Education and Development Conference, Valencia.
- McLuhan, M. (1996). *Os meios de comunicação como extensões do homem* (D. Pignatari, Trans. 8 ed.). São Paulo: Editora Cultrix.
- McLuhan, M. (1998). *A Galáxia de Gutenberg*: Círculo de Lectores.
- McNally, M., Goldweber, M., Fagin, B., & Klassner, F. (2006). *Do lego mindstorms robots have a future in CS education?* Paper presented at the SIGCSE '06.
- Mendes, A. J. N. (2001). *Software educativo para apoio à aprendizagem de programação*. Paper presented at the Taller Internacional de Software Educativo - TISE, Santiago, Chile.
http://www.tise.cl/archivos/tise01/pags/charlas/charla_mendes.htm
- Miranda, G. L. (2007). Limites e possibilidades das TIC na educação. *Sísifo / Revista de Ciências da Educação*(n.º 3), 41-50 pp.
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart: Defending human attributes in the age of the machine*: Perseus Books.
- Oliveira, A. N. (1999). No Centenário da Escola Secundária de Emídio Navarro – Viseu. In E. S. d. E. N.-. Viseu (Ed.), *Anuário 1998/1999* (pp. 57). Viseu: Tipografia Ocidental.
- Oliveira, R. (2007). *A Robótica na Aprendizagem da Matemática: Um Estudo com Alunos do 8º Ano de Escolaridade*. (Grau de Mestre em Matemática Dissertação), Universidade da Madeira, Madeira.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*: Basic books.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*: Basic Books.
- Pinheiro, A., Afonso, C., Matos, J. C., Gomes, M. P., Andrade, M., Pequito, P., . . . Correia, S. (2004). Micromundos AIA: Ambientes Integrados de Aprendizagem (Análise de uma Investigação). *Cadernos de Estudo*(N.º 1), 9.
- Utilização de robots no Ensino de programação: O Projecto Droide, (2005).
- Santos, E. A. A. d., Fermé, E. L., & Fernandes, E. M. d. S. (2006). Droide virtual - Utilização de robots na aprendizagem colaborativa da programação através da web.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press.
- Sousa, A. B. (2009). *Investigação em Educação* (2ª Edição ed.). Lisboa: Livros Horizontes.

- Tapscott, D. (2009a). *Grown up digital: How the net generation is changing your world*. New York: McGraw-Hill Professional.
- Tapscott, D. (2009b). Note to President Obama: Want to Fix the Schools? Look to Portugal! Retrieved 09-01-2011, from http://www.huffingtonpost.com/don-tapscott/note-to-president-obama-w_b_220198.html
- Tecnológico, P. (2008). Plano Tecnológico – Portugal a Inovar Retrieved 09-01-2011, from <http://www.planotecnologico.pt/>
- Thompson, J. B. (1998). *A mídia e a modernidade: uma teoria social da mídia*. Petrópolis: Editora Vozes.
- ticEDUCA. (2010). I Encontro Internacional TIC e Educação Retrieved 09-01-2011, from <http://ticeduca.ie.ul.pt/>
- Valente, J. A. (2002). Mudanças na sociedade, mudanças na Educação: o fazer e o compreender. In J. A. Valente (Ed.), *O computador na sociedade do conhecimento* (pp. 31-44). São paulo: Universidade Estadual de Campinas, Núcleo de Informática Aplicada à Educação.
- Watzlawick, P., Beavin, J. H., & Jackson, D. D. (2007). *Pragmática da Comunicação Humana - Um Estudo dos Padrões, Patologias e Paradoxos da Interação*. São Paulo: Editora Cultrix.
- Watzlawick, P., Beavin, J. H., & Jackson, D. D. (1985). *Teoría de la comunicación humana: interacciones, patologías y paradojas*. Barcelona: Editorial Herder.
- Winkin, Y., Bateson, G., Watzlawick, P., Birdwhistell, R., Goffman, E., Hall, E. T., . . . Sigman, S. J. (1981). *La nouvelle communication: Textes recueillis et présentés par Yves Winkin*. Paris: Editions du Seuil.
- Zorinho, C. (2008). *Um País mais preparado para enfrentar a conjuntura económica global*. Lisboa: Gabinete do Coordenador Nacional da Estratégia de Lisboa e do Plano Tecnológico Retrieved from http://www.planotecnologico.pt/document/GCNELPT_paper2008_pt.pdf.

ANEXOS

Anexo I – Questionário aplicado aos estudantes participantes

QUESTIONÁRIO

Este questionário faz parte de um estudo que está em desenvolvimento, no âmbito do Mestrado em Comunicação Multimédia, percurso Multimédia Interativo, da Universidade de Aveiro e subordinado ao título “Mindstorms na Aprendizagem da Algoritmia e Programação”.

Os registos visam a obtenção de dados num estudo relacionado com a exploração de novos processos de comunicação, mediados pelo artefacto LEGO mindstorms, nas aprendizagens de algoritmia e iniciação à programação, na disciplina de PSI, do curso profissional de técnico de GPSI, do 10º Ano.

A informação recolhida será analisada estatisticamente de forma anónima e confidencial, tendo em conta todas as respostas obtidas. Responder completamente ao questionário com sinceridade é fundamental.

Solicitamos a sua preciosa colaboração manifestando o seu grau de acordo ou desacordo, com cada uma das afirmações, relacionadas com as atividades práticas e experimentais, realizadas em contexto de formação profissional, com uso do computador, da aplicação *Bricx Command Center* e do *kit* LEGO mindstorms NXT.

Agradeço, mais ainda, que responda a todas as questões utilizando uma das opções a seguir indicadas, para descrever a sua situação/opinião:

- 1 - Discordo totalmente;
- 2 - Discordo;
- 3 - Não concordo nem discordo;
- 4 - Concordo parcialmente;
- 5 - Concordo totalmente.

Obrigado pela sua colaboração.



1. O robô tem o comportamento desejável quando executo o meu programa.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

2. O comportamento do robô ajuda-me a compreender melhor o código-fonte do programa.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

3. Geralmente tenho dificuldade em resolver um problema com auxílio do robô.

Discordo Totalmente 1 2 3 4 5 Concordo Totalmente

4. O *feedback* do professor e/ou dos colegas é importante para obter as informações necessárias e continuar a desenvolver a atividade.

Discordo Totalmente 1 2 3 4 5 Concordo Totalmente

5. O robô proporciona o desenvolvimento de interações, entre os estudantes, nas atividades experimentais.

Discordo Totalmente 1 2 3 4 5 Concordo Totalmente

6. O robô favorece a troca de informação e a interajuda entre estudantes.

Discordo Totalmente 1 2 3 4 5 Concordo Totalmente

7. A interpretação do comportamento do robô leva-me a modificar e corrigir o programa, contribuindo para o aperfeiçoamento do mesmo.

Discordo Totalmente 1 2 3 4 5 Concordo Totalmente

8. As interações entre os estudantes, durante a realização das atividades, favorecem a aprendizagem de algoritmia e da programação.

Discordo Totalmente 1 2 3 4 5 Concordo Totalmente

9. O robô foi motivador para desenvolver e melhorar as minhas habilidades de raciocínio lógico e técnicas de programação.

Discordo Totalmente 1 2 3 4 5 Concordo Totalmente

10. O portal "ROBOT.edu" foi importante no suporte e partilha de recursos.

Discordo Totalmente 1 2 3 4 5 Concordo Totalmente

11. Estou satisfeito em participar nas atividades de robótica.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

12. Outras opiniões sobre as atividades experimentais com uso do robô LEGO mindstorms
NXT:

Anexo II – Autorização do encarregado de educação



Ano Letivo 2010/2011

Caro Encarregado(a) de Educação

O Professor de programação e sistemas de informação (PSI) do seu educando pretende realizar um estudo relacionado com a utilização de estratégias de ensino/aprendizagem baseadas nas novas tecnologias, nomeadamente a robótica com os Kits Educacionais LEGO mindstorms NXT, que promovam melhores aprendizagens no ensino de algoritmia e programação, na disciplina de PSI e a diminuição do insucesso escolar. O estudo insere-se na elaboração de uma dissertação referente ao 2º ano do Mestrado em Comunicação Multimédia da Universidade de Aveiro.

Para a realização do estudo e elaboração da dissertação, o Professor necessita do contributo do seu educando. Por esse motivo, pede a sua autorização para a participação do seu educando no estudo e contribuição para a dissertação através da resposta a inquéritos, questionários ou entrevistas, de fotografias, filmagens e/ou gravação de aulas em que participa. Os dados recolhidos terão um carácter confidencial, servindo apenas para a fundamentação da parte empírica da dissertação, pelo que não serão difundidos. Todos os pedidos de autorização para aplicação de inquéritos/realização de estudos de investigação em meio escolar serão devidamente submetidos na Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular do Ministério da Educação (DGIDC).

Atenciosamente,

O Professor de PSI,

(Carlos Almeida)

..... **Cortar por aqui**

Eu, _____ Encarregado(a) de Educação do(a) aluno(a) _____ n.º _____, da turma I do 10º ano, autorizo o meu educando a contribuir com a sua participação para a dissertação de mestrado do Professor de PSI.

Viseu, _____ de Novembro de 2010

Assinatura do Encarregado de Educação,

Anexo III – Requerimento ao diretor

REQUERIMENTO

ASSUNTO: aplicação de inquéritos, registos fotográfico, áudio e/ou vídeo nas aulas de PSI

Ex.º Sr. Director,
Escola Secundária de Emídio Navarro – Viseu.

Carlos Manuel Rodrigues de Almeida, Professor do Quadro com Nomeação Definitiva (PQND), Grupo 550, em exercício efectivo de funções docentes na Escola Secundária de Emídio Navarro – Viseu, vem requer a V. Ex.ª autorização para aplicação de inquéritos e proceder ao registo fotográfico, áudio e/ou vídeo de algumas aulas de Programação e Sistemas de Informação (PSI), Curso Profissional de Técnico de Gestão e Programação de Sistemas Informáticos, na turma I do 10º ano. Os registos visam a obtenção de dados num estudo relacionado com a utilização de estratégias baseadas nas novas tecnologias, nomeadamente a robótica com os Kits Educacionais Lego Mindstorms NXT, que promovam melhores aprendizagens no ensino de algoritmia e programação, na disciplina de PSI. O estudo surge no âmbito da elaboração da dissertação de Mestrado em Comunicação Multimédia, percurso Multimédia Interactivo da Universidade de Aveiro.

O registo da entidade "Carlos Manuel Rodrigues de Almeida" efectuado no sistema de Monitorização de Inquéritos em Meio Escolar (<http://mime.gepe.min-edu.pt>) foi aprovado.


A aplicação de questionários ou outros inquéritos aos alunos será sempre previamente autorizada pela Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular (DGIDC).

Oportunamente será solicitado aos Encarregados de Educação as devidas autorizações para a participação dos seus educandos neste estudo.

Pede deferimento,

Viseu, 8 de Novembro de 2010

O docente



(Carlos Almeida)

Escola Secundária de Emídio Navarro - Viseu

DESPACHO

8/11/2010

O Director

Anexo IV – Documento de suporte “Atividade Seguidor de Linha”



ATIVIDADE

2011

Seguidor de Linha

Pretende-se desenvolver um robô autônomo, seguidor de linha, que utilize apenas um sensor de cor. O robô deteta o coeficiente de reflexão da luz, emitida pelo sensor, para controlar a potência dos motores e decidir se deve virar para a esquerda ou para a direita.

A linha do percurso é preta e feita com fita isoladora de 1.9 cm de largura. O percurso traçado pela linha apresenta algumas dificuldades: a linha tem uma interceção; contém curvas de 90°; tem duas linhas próximas, a uma distância de 3,5 cm.

A eficácia do robô vai depender da eficiência da saída do controlador que permite corrigir o erro detetado, ou seja, o desvio do robô em relação à linha da pista.

O seguidor de linha é um conceito importante e de grande interesse para os investigadores na área da condução autônoma. Os automóveis sem condutor começam a ser uma realidade...

Atreve-te a descobrir uma solução para o “Seguidor de Linha”. Será que a matemática pode ajudar a resolver o problema?

Vamos construir o conhecimento e partilhar experiências. Tu és capaz!

ATIVIDADE

INTRODUÇÃO

01

Objetivos

- Aprender de forma divertida e motivadora;
- Estimular a criatividade, raciocínio lógico e trabalho em equipa;
- Desenvolve o pensamento matemático e permite compreender conceitos abstratos;
- Promover o estudo de conceitos multidisciplinares: função linear;
- Conhecer noções básicas de programação;
- Elaborar programas com recurso a subprogramas;
- Saber fazer a distinção entre uma variável simples e uma estruturada;
- Adquirir o conceito de *String*;
- Conhecer as regras de declaração e manipulação de *Strings*;
- Aprender o conceito de *Array*;
- Conhecer as regras da declaração de *Arrays*;
- Utilizar a estrutura de dados *Array* na resolução de problemas;
- Diferenciar índice e valor indexado num *Array*;
- Identificar as operações de manipulação de *Arrays*;
- Dominar os algoritmos de manipulação de *Arrays*.

ENTRADAS E SAÍDAS DO NXT

MOTORES

O robô pode mudar de direção por meio da paralisação ou rotação inversa de um dos dois motores. Seguem-se alguns exemplos:

```
// Definir as constantes
#define POWER_MIN 20
#define POWER_MAX 80

// Motor B - Roda Direita
// Motor C - Roda Esquerda

// O robô vira para a esquerda
OnFwd(OUT_B, POWER_MAX);
OnFwd(OUT_C, POWER_MIN);

// O robô roda para a esquerda
```



```

OnFwd(OUT_B, POWER_MAX);
OnRev(OUT_C, POWER_MAX);

// O robô gira para a esquerda
OnFwd(OUT_B, POWER_MAX);
Off(OUT_C);

```

Para melhorar a estrutura do programa podemos fazer uso de funções. Por exemplo:

```

// Roda para a frente
void Frente(){
    OnFwd(OUT_C, POWER_MAX);
    OnFwd(OUT_B, POWER_MAX);
}

task main(){
    Frente();
}

```

SENSOR DE COR

O sensor pode funcionar como sensor de cor ou de luminosidade. Se pretendemos detetar várias cores, devemos inicializar a configuração do sensor para COLORFULL.

Temos três formas diferentes, para inicializar o sensor para COLORFULL:

```

// Sensor de cor na porta de entrada 3
SetSensorColorFull(IN_3);
// ou
SetSensor(IN_3, SENSOR_COLORFULL);
// ou ainda
SetSensorType(IN_3, SENSOR_TYPE_COLORFULL);

```



O sensor é capaz de diferenciar 6 cores básicas: Preta, azul, verde, amarela, vermelha e branca. São utilizadas as seguintes constantes:

```

#define INPUT_BLACKCOLOR 1
#define INPUT_BLUECOLOR 2
#define INPUT_GREENCOLOR 3
#define INPUT_YELLOWCOLOR 4
#define INPUT_REDCOLOR 5
#define INPUT_WHITECOLOR 6

```

No entanto, se pretendemos detetar a intensidade de luz, devemos inicializar a configuração do sensor para COLORRED, COLORGREEN ou COLORBLUE, dependendo do LED do sensor que queremos utilizar.

O sensor de luminosidade mede a intensidade de luz de um determinado objeto. O sensor é sensível à diferença de contraste entre o preto e o branco do objeto. O branco reflete e o preto absorve (não reflete) a luz. Assim, temos um valor baixo da intensidade de luz para uma cor escura (próximo de zero) e um valor alto para a cor clara.

Temos três formas diferentes, para inicializar o sensor para a medição da luz. Por exemplo, para o LED vermelho do sensor na porta de entrada 3, temos as seguintes instruções:

```
SetSensorColorRed(IN_3);  
// ou  
SetSensorType(IN_3, SENSOR_TYPE_COLORRED);  
// ou ainda  
SetSensor(IN_3, SENSOR_COLORRED);
```

O sensor pode devolver o valor da intensidade de luz em percentagem (entre 0 e 100):

```
SetSensorMode(IN_3, SENSOR_MODE_PERCENT);
```

Nota: o modo `SENSOR_MODE_PERCENT` funciona apenas no modo de leitura da luminosidade

Para desligar a luz do sensor:

```
SetSensor(IN_3, SENSOR_COLORNONE);  
// ou  
SetSensorColorNone(IN_3);  
// ou ainda  
SetSensorType(IN_3, SENSOR_TYPE_COLORNONE);
```

Para ler os valores do sensor de forma estruturada:

```
int colorval;  
unsigned int raw[];  
unsigned int norm[];  
int scaled[];  
  
// Ler o valor atual do sensor  
ReadSensorColorEx(IN_3, colorval, raw, norm, scaled);
```

O vetor `raw[]` permite guardar as 3 cores RGB.

```
string txt;  
  
// Mostra no visor o valor RAW do led RED  
strcpy(txt, "RED RAW: ");  
StrCat(txt, NumToStr(raw[0]));  
TextOut(0, LCD_LINE1, txt);
```

A função `ReadSensorColorEx` devolve `NO_ERR` (valor 0) se não houve erro de leitura. Assim, podemos também ler os valores atuais do sensor da seguinte forma:

```
// Ler o valor do sensor enquanto ocorrer erro.  
while(!ReadSensorColorEx(IN_3, colorval, raw, norm, scaled));
```

EXPERIÊNCIA

Elabore um programa para ler e mostrar, os valores do sensor, no visor LCD do NXT. Divulga os resultados obtidos, na plataforma ROBOT.edu, enviando um comentário no artigo “Seguidor de Linha”. Aguarda o feedback do professor e/ou dos teus colegas.



Relembrando algumas funções de manipulação de *string*:

```
String txt="Ler valores";  
  
// Mostra o texto no visor  
TextOut(0,LCD_LINE1,txt);
```

Outro exemplo:

```
string txt;  
  
// Mostra no visor o valor RAW do led RED  
strcpy(txt, "RED RAW: ");  
StrCat(txt, NumToStr(raw[0]));  
TextOut(0,LCD_LINE1,txt);
```



Algumas funções úteis:

```
strcat("dest", "src")
```

```
NumToStr("val")
```

```
TextOut("x", "line", "txt", "options")
```



Consulta, no manual “NXC Programmer’s Guide”, os exemplos do uso das funções na manipulação de strings.

DESAFIO

CONTROLADOR COM DOIS NÍVEIS

Tenta desenvolver o programa do Seguidor de Linha, utilizando o controlador de dois níveis, baseado no seguinte algoritmo.

Nota: o robô segue o lado esquerdo da linha.

Dados

luminosidade: inteiro

Início

Configurar o sensor para o modo de medição de luz

Configurar o sensor para o modo do valor da intensidade de luz em percentagem (valores entre 0 e 100)

Repetir Sempre

Ler luminosidade do sensor

Se luminosidade > 50 Então

Vira o robô para a direita

Senão

Vira o robô para a esquerda

Fim Se

Fim Repetir

Fim



O uso da função PlayTone pode facilitar a detecção de erros no programa.

Por exemplo: PlayTone(262,400);

Tenta desenvolver o programa do Seguidor de Linha, utilizando o controlador com mais de dois níveis. Foram detetadas melhorias no seguidor de linha?

CONTROLADOR PROPORCIONAL

Pretende-se desenvolver um programa de Seguidor de Linha, utilizando o controlo proporcional para a correção do erro, aplicando a função linear nos motores. Para utilizar a função linear no controlador é necessário primeiro conhecer os valores possíveis e obtidos na leitura do sensor.

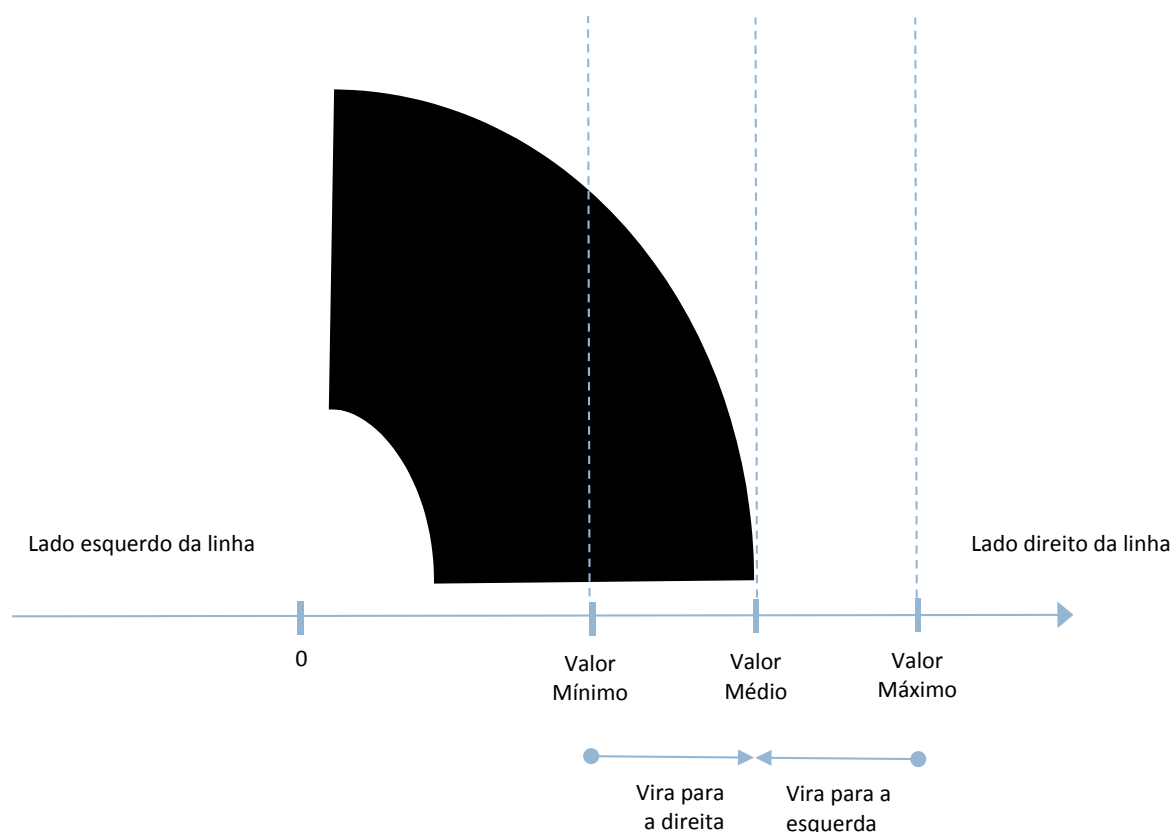
Desenvolva primeiro um programa no Bricx que faça a calibração do sensor, ou seja, conhecer a gama de valores lidos pelo sensor. Termine o programa, mostrando no visor LCD o valor mínimo, médio e máximo lido pelo sensor.

Utiliza o sensor no modo FULLCOLOR, utilizando a cor vermelha para detetar a linha. O robô deve seguir a linha preta contornando-a no lado direito.

Para calibrar o sensor deve-se colocar inicialmente o robô na linha preta. Para conhecer a gama de valores do sensor, basta ler continuamente o sensor enquanto o robô roda para a esquerda e depois para a direita até atingir o lado direito da linha (valor médio dos valores lidos pelo sensor).

Código-fonte para rodar o robô para a esquerda enquanto executa instruções:

```
Off(OUT_B);  
OnFwd(OUT_C, 40);  
  
// Rodar o motor esquerdo, no sentido dos ponteiros do relógio  
while (MotorRotationCount(OUT_C) < 120){  
    // Ler o valor do sensor  
    while(!ReadSensorColorEx(IN_3,colorval,raw,norm,scaled));  
  
    <Instruções>  
}  
Off(OUT_BC);
```



“Valeu a pena?

Tudo vale a pena, se a alma não é pequena”

(Fernando Pessoa, 1934)