

Robots como ferramenta pedagógica nos primeiros anos a aprendizagem como participação

SÓNIA MATILDE PINTO CORREIA MARTINS

Escola Básica e Secundária Dr. Ângelo Augusto da Silva, Funchal, Portugal

ELSA MARIA DOS SANTOS FERNANDES

Universidade da Madeira, Funchal, Portugal

RESUMO

O presente artigo descreve e analisa um projeto realizado com duas turmas do 1º ciclo do ensino básico que trabalharam conjuntamente com *robots*, tomando a aprendizagem como um fenómeno intrinsecamente ligado à participação em comunidades de prática (Lave, 1996; Lave; Wenger, 1991). Pretende-se caracterizar os intervenientes, a metodologia de trabalho implementada, a descrição dos artefactos utilizados (*robots* e escrita de uma história) e analisar a relação dos intervenientes com os *robots*, os padrões de participação que se revelaram com esse tipo de trabalho, procurando enfatizar os contributos que decorrem da participação em ambientes sociais digitais para a aprendizagem dos alunos, tais como a participação e a negociação conjunta de significados, a importância dos *robots* e da história terem sido “construídos” pelos estudantes e a existência de um repertório partilhado e um empreendimento conjunto.

PALAVRAS-CHAVE

tecnologias e educação; *robots*; aprendizagem como participação.

ROBOTS AS PEDAGOGICAL TOOL IN THE EARLY SCHOOL YEARS: LEARNING AS PARTICIPATION

ABSTRACT

This paper describes and analyses a project carried out with two elementary school classes, working together with robots, by taking learning as a phenomenon intrinsically connected to participation in communities of practice (Lave, 1996; Lave; Wenger, 1991). We intend to characterize the participants, the implemented methodology of work, the description of the artifacts used, analyze the relationship between the participants and the robots, as well as participation patterns revealed with this type of work while trying to emphasize the contributions arising from participation in digital social environments to students' learning, such as the participation and the joint negotiation of meanings, the importance for the students who have "built" the robots, the history of the project, and the definition of a shared repertoire and a joint enterprise.

KEYWORDS

technology and education; robots; learning as participation.

ROBOTS COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA EN LOS PRIMEROS AÑOS: EL APRENDIZAJE COMO PARTICIPACIÓN

RESUMEN

El presente artículo describe y analiza un proyecto realizado con dos grados del 1^{er} ciclo de enseñanza básica en Portugal (2^{do} y 3^{er} grado) que trabajaron en conjunto con *robots*, tomando el aprendizaje como un fenómeno intrínsecamente relacionado a la participación en comunidades de práctica (Lave, 1996; Lave; Wenger, 1991). Se pretende caracterizar a los participantes, a la metodología de trabajo implementada, describirlos artefactos utilizados (*robots* y escritura de una historia) y analizar la relación de los participantes con los *robots*, así como los patrones de participación que se relevaron con este tipo de trabajo. Se busca enfatizar e las contribuciones derivadas de la participación en ambientes sociales digitales para el aprendizaje de los alumnos, como la participación y la negociación conjunta de significados, la importancia de que los *robots* y la historia hayan sido "construidos" por los alumnos y la existencia de un repertorio compartido y un emprendimiento conjunto.

PALABRAS CLAVE

tecnología y educación; *robots*; aprendizaje como participación.

INTRODUÇÃO

É consensual afirmar que os alunos têm cada vez mais acesso às tecnologias e que estas estão mais presentes no quotidiano de cada um.

Estudos internacionais, tais como Investigation in Primary Education Teachers' Confidence and Competence (IPETCCO) (referido em Peralta; Costa, 2007) e Joint Mathematical Council of the United Kingdom (JMC) (2011), indicam que, apesar dos investimentos significativos feitos em tecnologias nas escolas, o seu uso em contexto de sala de aula é muito reduzido, incidindo particularmente na utilização, por parte do professor, de apresentações em formato PowerPoint e de *software* ligado ao uso de quadros interativos. Em Portugal, estudos nacionais (Flores; Peres; Escola, 2009; Ricoy; Couto, 2011) corroboram esse facto, apresentando alguns constrangimentos sentidos pelos professores quando procuram utilizar as ferramentas desse tipo nas suas aulas. Nesse sentido, a investigação relatada neste artigo procura enfatizar o modo como o uso de uma ferramenta tecnológica – *robot* – poderá ser impulsora da criação de novos cenários, renovados metodológica e simultaneamente e motivadores para os alunos.

Com efeito, os *robots* podem ser vistos como uma ferramenta pedagógica motivadora para os alunos, nomeadamente nas aulas de matemática. No entanto, ficar-se pela motivação seria ficar aquém do todo o potencial pedagógico que os *robots* tiveram nesse cenário de aprendizagem. Assim, fomos analisar a participação (no sentido de Lave; Wenger, 1991; Wenger, 1998) com o propósito de revelar outros aspetos importantes do papel dos *robots* na aprendizagem.

A investigação a que se refere o presente artigo decorreu no âmbito do projeto DROIDE II –¹ *Robots* em Educação Matemática e Informática, cujo objetivo é compreender de que maneira o uso dos *robots* como artefactos mediadores da aprendizagem contribui para que os jovens produzam significado e desenvolvam a aprendizagem de tópicos e conceitos matemáticos e informáticos, e faz parte do doutoramento da primeira autora.

Tomando a aprendizagem como um fenómeno intrinsecamente ligado à participação em comunidades de prática, procurou-se analisar os diferentes níveis de participação, caracterizando, nomeadamente, o reportório partilhado de recursos decorrentes da prática dessa comunidade.

Outro foco de análise foi a maneira como a participação moldou a prática da comunidade, levando à produção de significado fundamentada no engajamento com o mundo. Nesse sentido, procuramos evidenciar de que maneira os artefactos

1 O DROIDE II é um projeto de investigação da Universidade da Madeira, Portugal, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, segundo o contrato PTDC/CPE-CED/099850/2008. O projeto de investigação adota uma estratégia que procura colocar em diálogo os campos teórico e empírico da investigação, nomeadamente com a criação e a implementação de cenários de aprendizagem, utilizando *robots* em diferentes contextos de aprendizagem (escolares, não escolares e virtuais). Mais informações acerca do projeto DROIDE II podem ser encontradas em: <<http://www.cee.uma.pt/droide2/index.html>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

utilizados (*robots* construídos e criação de uma história) representam um processo de reificação em que se assiste à transformação de algo abstrato em realidades concretas ou coisas materiais.

APRENDIZAGEM COMO PARTICIPAÇÃO

É usual pensar em aprendizagem como o resultado de uma relação entre professor e aluno na qual o professor ensina e o aluno aprende. No entanto, várias teorias sociais de aprendizagem (nomeadamente a teoria da aprendizagem situada) revelam um conjunto mais complexo de relações sociais por meio do qual a aprendizagem ocorre (Boaler, 2002; Boaler; Wiliam; Zevenbergen, 2000; Fernandes, 2004; Greeno; MMAP, 1998; Lave, 1996; Lave; Wenger, 1991; Santos, 2004; Wenger, 1998).

Em 1991, no livro *Situated learning: legitimate peripheral participation*, Jean Lave e Etienne Wenger defenderam que a aprendizagem não deve ser vista apenas como transferência de informação, mas também como um processo sociocultural, em que é pertinente mudar o foco analítico do indivíduo como alguém que aprende para uma ideia de aprendizagem como participação no mundo social, e do conceito de processo cognitivo para uma visão mais alargada de prática social (*idem*, p. 43).

Considerando a aprendizagem um aspeto da prática social, esta envolve a pessoa no seu todo, isto é, inclui não só uma relação com atividades específicas, mas também uma relação com as comunidades sociais, implicando ao indivíduo tornar-se um participante pleno. A aprendizagem implica tornar-se capaz de se envolver em novas atividades, para realizar novas tarefas e funções, para dominar novos entendimentos (*idem*, p. 53).

Com base nessa perspectiva, podemos afirmar que a escola não é um mundo autossuficiente e fechado no qual os alunos adquirem conhecimento para ser aplicado exteriormente, mas é parte de um sistema mais amplo de aprendizagem. A sala de aula não é o evento de aprendizagem primária, é a própria vida que é o evento de aprendizagem principal. Escolas, salas de aula e sessões de formação têm ainda um papel a desempenhar nessa concepção, no entanto têm de estar a serviço da aprendizagem que acontece no mundo (Wenger, 2006, p. 5).

Lave e Wenger (1991) argumentam que a aprendizagem não resulta da transmissão de conhecimento abstrato e descontextualizado de um indivíduo para outro. Representa, sim, um processo social, pelo qual o conhecimento é coconstruído, situando-se em um contexto específico e integrado, dentro de um determinado ambiente social e físico.

Lave (1996) desafia-nos a ter uma visão em que não é possível pensar nos mestres como aqueles que sabem e, portanto, ensinam os aprendizes, que, por sua vez, só aprendem com eles. Pelo contrário, tanto os mestres como os aprendizes estão em constante aprendizagem e produção de conhecimento, nas relações que estabelecem uns com os outros.

Segundo a mesma autora, a aprendizagem está intrinsecamente ligada à participação em comunidades de prática e à produção de conhecimento. Torna-se, assim, cada vez mais consistente e visível o reconhecimento do caráter integral da aprendizagem nas práticas sociais. Analisando especificamente o contexto de sala de aula,

a autora refere que o ato de ensinar não é necessário nem suficiente para produzir conhecimento, daí que a maneira de analisar o ensino deve ser repensada em uma perspectiva que considere alunos e aprendizagem como o foco fundamental no qual ensinar pode, ou não, fazer parte.

Quando se pretende investigar a aprendizagem, tomando-a como fenómeno social, o foco deve ser os alunos e as relações que se estabelecem entre eles e os professores. De acordo com Lave (*idem*, p. 158), a exigência com que lidamos com os alunos e professores, como sujeitos de direito próprio, implica olhar para cada um como um participante localizado e nas relações que estabelecem uns com os outros, se quisermos entender o ensino (e a aprendizagem) como participação na prática em curso.

A investigação desenvolvida por Lave e Wenger (1991) suporta a ideia de que a aprendizagem é situada nos contextos físicos e sociais em que emerge. O conhecimento é algo que só faz sentido quando pensado de modo relativo às práticas sociais nas quais é relevante e se desenvolve.

Os conhecimentos e, conseqüentemente, as identidades (uma vez que por meio da participação em práticas sociais geram-se identidades) desenvolvem-se na relação constante das pessoas na acção com o mundo não só material, mas também, essencialmente, sócio-histórico e cultural. A participação consiste no processo de nos tomarmos participantes ativos em práticas sociais e de, assim, construirmos uma identidade relativamente às práticas nas quais participamos. Sugere acção e ligação.

O termo participação é usado por Wenger (1998) para descrever a experiência social de viver no mundo no que concerne à participação activa na vida social. Assim, podemos considerar a participação como pessoal e social ao mesmo tempo.

Segundo o mesmo autor, participação é um processo ativo, sendo o termo reservado para os atores que são membros de comunidades sociais. Quando nos envolvemos em uma conversa, reconhecemos no outro algo de nós próprios a que nos referimos. O que nós reconhecemos tem a ver com a nossa capacidade múltipla para negociar o significado. Essa mutualidade não implica obrigatoriamente igualdade. Na prática, mesmo os significados de desigualdade são negociados no contexto desse processo de reconhecimento mútuo. Nessa experiência de mutualidade, participação é a fonte da identidade. Reconhecendo a mutualidade da nossa participação, tornamo-nos parte uns dos outros.

Segundo Wenger (*idem*), participação não é equivalente à colaboração. Pode envolver todos os tipos de relações: conflituosas ou harmoniosas, íntimas, bem como políticas, competitivas ou cooperativas. Participar em comunidades sociais molda a nossa experiência, mas também molda as comunidades em que participamos. O potencial transformador atua em ambos os sentidos.

No sentido descrito anteriormente, a participação vai além do engajamento direto de pessoas específicas em actividades específicas. Coloca a negociação de significado no âmbito dos modos de adesão em várias comunidades; é um componente das nossas identidades. Como tal, a participação não é algo que possamos ligar e desligar.

Para Lave e Wenger (1991, p. 51), a participação assenta em negociação situada e renegociação de significado no mundo. Isso implica que compreensão e experiência estejam em constante interacção – de facto, são mutuamente essenciais.

De acordo com Wenger (1998), todo e qualquer envolvimento com o mundo é de natureza social, mesmo quando não existem interações com os outros. Por exemplo, a escrita de um livro, sendo feita de maneira isolada pelo seu autor, não deixa de ser um ato social, pois envolve, de maneira implícita, outras pessoas que não estão fisicamente presentes no ato de escrever (a editora a que se destina, os leitores, o público-alvo). Por isso, apesar de a escrita de um livro ser um ato “isolado”, o seu significado é sempre produzido por meio da participação social.

Juntamente com a participação, a reificação é um conceito relevante para descrever a produção de significado fundamentada no engajamento com o mundo. Reificar consiste em dar forma concreta a algo que é abstrato. Wenger (*idem*, p. 59) afirma que qualquer comunidade de prática produz abstrações, ferramentas, símbolos, histórias, termos e conceitos que reificam algo dessa prática em uma forma congelada. O autor (*idem*, p. 58) usa o conceito de reificação, de modo geral, para referir-se ao processo de dar forma à nossa experiência produzindo objetos que congelam essa experiência em uma “coisa”. Fazendo isso, criamos pontos de foco à volta dos quais a negociação do significado se organiza.

A reificação pode tomar uma grande variedade de formas: um monumento, uma fórmula abstracta, um poema, um livro etc. Em qualquer um desses casos, aspetos da experiência humana e da prática estão congelados em formas fixas e é lhes dado o estatuto de objeto. No entanto, a reificação pode tomar uma grande diversidade de maneira que os objetos físicos são apenas uma das suas vertentes. Os produtos da reificação não são apenas objetos concretos ou materiais, são também reflexões sobre essas práticas, sinais de uma mais alargada expansão de significados humanos conjuntamente negociados.

Pensando na transformação de algo abstrato em realidades concretas ou coisas materiais, torna-se claro que a reificação é um aspeto fundamental de uma negociação de significado resultante de uma prática. É através da negociação constante de significados que é possível tornar algo abstrato em uma coisa concreta. Wenger (*idem*, p. 84) afirma que na participação reconhecemo-nos mutuamente, na reificação projetamo-nos no mundo. Apesar de significarem coisas diferentes, não podemos conceber uma sem a outra, complementam-se.

A aprendizagem significativa em contextos sociais exige tanto participação como reificação (*idem*). Os artefactos, sejam eles físicos ou conceptuais, sem participação não carregam seus próprios significados, e a participação sem artefactos revela-se descoordenada, foz e sem suporte. Essas duas componentes, participação e reificação, não se fecham uma na outra; com efeito, em cada momento do engajamento elas juntam-se em um processo dinâmico e incessante para que possamos negociar e renegociar o significado da nossa experiência.

Wenger (*idem*, p. 83) chama a um conjunto de recursos partilhados na comunidade um reportório. O reportório da prática reflete a história do engajamento mútuo, incluindo rotinas, palavras, ferramentas, modos de fazer as coisas, histórias, gestos, símbolos, géneros, ações ou conceitos que a comunidade produziu ou adotou no curso da sua existência e que se tornaram parte da sua prática.

Os elementos do reportório podem ser muito heterogêneos; não obtêm a sua coerência por si mesmos, como actividades específicas, símbolos ou artefactos

concretos, mas por pertencerem à prática de uma comunidade em busca de um empreendimento.

A ideia de relatório partilhado (*idem*) refere-se simultaneamente a um conjunto de elementos e a um grupo de pessoas que os partilham como recursos estruturantes de uma determinada prática. A noção de relatório partilhado dirige a atenção para a dinâmica do uso, a construção e a partilha de recursos e abrange uma visão dos membros de uma comunidade como indivíduos que são construtores coletivos de recursos que suportam, estruturam e servem uma determinada prática. O relatório partilhado, refletindo a coerência da prática, emerge como uma fonte de coerência da comunidade.

Os elementos do relatório combinam aspectos reificados e participativos. As brincadeiras de criança são um bom exemplo de elementos de um relatório. Certamente cada um de nós tem na memória jogos que fizeram parte da nossa infância, isto é, do nosso relatório de brincadeiras infantis. Esses jogos e brincadeiras refletem histórias de pertença que foram desenvolvidas e negociadas em um determinado contexto físico e social.

O relatório partilhado vai-se consolidando e crescendo com o tempo por intermédio das histórias que se relatam e vivem, dos estilos e modos de fazer as coisas que se vão identificando, dos artefactos e instrumentos comuns construídos e utilizados, das ações realizadas, dos acontecimentos históricos partilhados e interpretados conjunta e colaborativamente em uma prática específica de uma comunidade, também ela particular.

METODOLOGIA

A investigação relatada neste artigo é de cunho qualitativo e interpretativo. Os dados foram recolhidos no local da ocorrência do fenómeno de investigação; isso significa que é entendida como uma maneira de conhecer o mundo que se materializa fundamentalmente pelos procedimentos conhecidos como qualitativos, que entende que o conhecimento não é isento de valores, de intenção e da história de vida dos intervenientes, e muito menos das condições sociopolíticas do momento (Borba, 2004, p. 3). Nesse sentido, o qualitativo engloba a ideia do subjetivo, passível de expor sensações e opiniões.

A investigação qualitativa é comumente caracterizada como uma abordagem interpretativa, que envolve muita observação e procura de relações entre fenómenos estudados por intermédio do campo teórico adotado. Neste artigo procuramos desenvolver uma compreensão de um sistema de relações humanas, como, por exemplo, professores e alunos usando tecnologia na sala de aula (Savenye; Robinson, 2004).

Tomando a aprendizagem não como um atributo individual, mas como algo intrinsecamente ligado à mudança de participação do indivíduo em práticas nas quais está inserido, tornou-se importante não só “observar” como também “participar” nas atividades com as quais os alunos estiveram envolvidos, no seu contexto natural. Foi esse o posicionamento da equipa de investigadores envolvidos na recolha de dados. Participar foi também aprender. Assim, a observação participante foi uma

estratégia central e adquiriu o estatuto de metodologia de recolha de informação (Matos; Santos, 2007).

A RECOLHA DE DADOS

As sessões de trabalho contaram com o apoio das professoras das áreas curriculares, de ambas as turmas, da professora de informática e dos cinco membros da equipa do projeto DROIDE II, envolvidos na recolha de dados.

As seis primeiras sessões decorreram entre as 14h e as 15h30min, e as duas últimas entre as 9h e as 10h30min.

Ao longo das sessões foram utilizados vários instrumentos de recolha de dados. As sessões de trabalho foram gravadas em áudio e vídeo, privilegiando-se o registo das interações entre os alunos. Foram feitas transcrições dos vídeos e anotações em um diário de participação nas sessões. O diário foi elaborado tendo por base tópicos registados no decorrer das sessões, e após cada uma delas foram escritas extensas notas de campo.

Foi utilizada a observação participante como instrumento de recolha das informações que estão a ser analisadas, o que permitiu um contacto mais estreito e pessoal com o fenómeno observado. Foram ainda considerados os registos de trabalhos escritos dos alunos e as anotações das professoras das áreas curriculares das turmas envolvidas.

Foram aplicadas entrevistas a interlocutores privilegiados (professoras das áreas curriculares e alguns alunos de ambas as turmas) do tipo semiestruturado, conduzidas com base em tópicos específicos dos quais se criaram as questões.

As entrevistas foram realizadas com o pressuposto de clarificar alguns aspetos da prática que suscitaram dúvidas ou se manifestaram insuficientes aquando da análise. Nesse sentido, voltamos ao terreno e conversamos (entrevista informal) com os alunos, tendo o intuito de triangular dados provenientes de diferentes fontes de recolha (Savenye; Robinson, 2004).

A recolha de dados foi conduzindo à necessidade de um aprofundamento em sentido teórico, e, por sua vez, a clarificação de determinados conceitos levou a uma melhor percepção do fenómeno em estudo. Atendendo a isso, não é possível dizer em que momento se iniciou a análise dos dados, uma vez que estas duas fases, recolha e análise, foram feitas em simultâneo, sendo continuamente refinadas pelo investimento feito em termos teóricos, na procura de conceitos que, de alguma maneira, interpretassem o fenómeno observado. As notas de campo, as transcrições dos diálogos e os dados recolhidos por meio de entrevistas foram analisados, no sentido de serem detetados padrões de comportamentos, eventos e fenómenos a serem investigados em observações seguintes (*idem*, p. 1.052).

Inicialmente, tanto as transcrições dos vídeos como o diário de participação nas sessões começaram por ser muito extensos. À medida que a compreensão do mundo observado se foi ampliando, fruto de uma reflexão analítica baseada no investimento feito conceptualmente, esses registos passaram a ser mais focados.

A ESCOLA

A escola onde foram recolhidos os dados está situada no centro da cidade do Funchal, capital da Ilha da Madeira, Portugal. É um colégio privado que leciona, desde 1978, unicamente o 1º ciclo do ensino básico.

A escola tem apenas quatro turmas, uma de cada ano de escolaridade do 1º ciclo. Os intervalos para recreios e refeições são comuns, e os espaços físicos destinados ao efeito também, o que proporciona aos alunos das diferentes turmas terem oportunidade de interagir.

O edifício onde está implantada a escola consiste no andar térreo de uma casa antiga e de construções anexas a ela. Apesar de se tratar da instituição escola, possui características que permitem aos alunos desfrutarem de um espaço familiar (cerca de 80 alunos) onde todos se conhecem e têm relações muito próximas (professores, alunos e funcionários). As salas de aula não são muito amplas, o que implica que os alunos trabalhem frequentemente aos pares, em grupos ou em uma disposição em “U”.

Os alunos têm atividades letivas entre as 9h e as 15h30min, com um intervalo durante a manhã, de trinta minutos, e pausa de uma hora e meia para almoço. Alguns alunos saem da escola para almoçar com os pais, e há um restaurante próximo que se tornou um ponto de encontro frequente para eles.

O corpo docente não é muito grande – dez professores. Pelo facto de só existirem quatro turmas, são quatro as professoras que lecionam as áreas curriculares, o que propicia a planificação conjunta de atividades letivas e extracurriculares.

OS PARTICIPANTES

AS PROFESSORAS

Para desenvolver o projeto que se descreve no presente artigo, foram escolhidas duas turmas do 1º ciclo – 2º e 3º anos de escolaridade. O propósito inicial consistiu em encontrar duas turmas de uma mesma escola, cujos professores se propusessem a trabalhar conjuntamente, em uma dinâmica de trabalho de projeto. Claro que esse aspeto implicou considerar algumas variantes. Uma delas prendeu-se com o facto de os professores envolvidos terem de estar familiarizados com a metodologia subjacente ao trabalho de projeto.

Ambas as professoras convidadas frequentaram o projeto de formação contínua em matemática – Construindo o Êxito em Matemática (CEM), tendo como formadores alguns dos elementos da equipa de investigação do DROIDE II. Na referida formação, implementaram propostas de trabalho nas suas aulas que apelaram a um papel ativo dos alunos na construção dos seus conhecimentos, privilegiando dinâmicas de trabalho em grupo e a utilização de materiais didáticos manipulativos.

Nas reuniões de formação do projeto CEM envolveram-se de uma maneira muito interventiva e consciente em discussões relacionadas com questões ligadas ao ensino e aprendizagem.

Outro aspeto a salientar é o facto de a professora do 3º ano de escolaridade ser membro do movimento escola moderna (MEM) – uma associação de professores

e outros profissionais da educação, onde os sócios reúnem-se para partilhar e refletir acerca das suas práticas e produzirem saberes e materiais de apoio didático-pedagógico, integrados nos seus projetos de autoformação cooperada, que realizam em grupos de trabalho cooperativo.

Segundo o MEM, os alunos devem responsabilizar-se por colaborar com os professores no planeamento das atividades curriculares, por se interajudarem nas aprendizagens que decorrem de projetos de estudo, investigação e intervenção e por participarem na sua avaliação.²

Nenhuma das duas professoras convidadas para o projeto havia tido, anteriormente, qualquer tipo de contacto com os *robots*; à semelhança dos seus alunos nunca tinham montado nem programado um *robot*.

A EQUIPA DE INVESTIGAÇÃO DO DROIDE II

Foram cinco os elementos da equipa de investigação do projeto DROIDE II envolvidos na recolha de dados. A equipa era multidisciplinar, uma vez que a formação inicial dos investigadores envolvidos era distinta, variando entre o ensino da matemática e o ensino da informática.

As funções assumidas pelos membros da equipa do projeto envolvidos estiveram intrinsecamente relacionadas com as suas áreas de formação/especialização e com as necessidades/intenções manifestadas por uns e outros no decurso da implementação do cenário de aprendizagem construído conjuntamente.

Os membros ligados à educação matemática procuraram tirar proveito de situações em que pudessem emergir conceitos e procedimentos matemáticos. Nesse sentido, e tendo por base essa intenção, assumiram uma postura de questionamento perante o trabalho dos alunos e das professoras, na prática em curso com os *robots*.

Os membros ligados à informática procuraram operacionalizar as intenções dos anteriores, fazendo uso do conhecimento das potencialidades e limitações dos artefactos utilizados (*robots* e programação).

OS ALUNOS

A turma do 2º ano era composta de 24 alunos: 10 raparigas e 14 rapazes, na faixa etária 7-8 anos. A professora da turma caracterizou o grupo como muito heterogéneo, no sentido em que os alunos apresentavam, em diferentes situações, níveis de maturidade e autonomia muito distintos. Acrescentou que os estudantes eram muito dinâmicos, que gostavam da escola, manifestando uma preferência especial pela matemática e pelo estudo do meio.

Em relação ao domínio da matemática, a professora do 2º ano referiu que a maioria dos alunos “aprendeu a importância do saber pensar e da estimativa ao efetuar qualquer tipo de cálculo, na resolução de situações problemáticas”.

A turma do 3º ano era constituída de 16 alunos: 10 raparigas e 6 rapazes, na faixa etária 8-9 anos. Segundo a professora da turma, o grupo de alunos era

2 Mais informações acerca da associação MEM podem ser encontradas em: <http://www.movimentoescolamoderna.pt/associa/aprent_geral.htm>. Acesso em: 20 dez. 2014.

interessado e empenhado no trabalho realizado na escola. Gostavam de se envolver na planificação e realização das atividades e trabalhavam em cooperação, tendo, de uma maneira geral, um bom sentido de grupo.

A professora do 3º ano referiu que a turma, em geral, apresentava um bom aproveitamento em todas as áreas curriculares, na medida em que os alunos apresentavam progressos nas suas aprendizagens, sendo respeitados nos seus ritmos de trabalho, nas suas dificuldades e potencialidades.

Em ambas as turmas, os alunos estavam habituados a utilizar materiais manipuláveis. A dinâmica em trabalho de grupo era frequente, essencialmente na turma de 3º ano na qual os grupos de alunos estavam habituados a fazer pesquisas relacionadas com temas abordados na sala de aula, para depois partilharem com toda a turma.

CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO DE APRENDIZAGEM

A construção do cenário de aprendizagem foi um processo conjunto entre a equipa de investigação, as professoras envolvidas e os alunos.

Na primeira fase, a equipa de investigação reuniu-se com as professoras das áreas curriculares e apresentou “um esqueleto” de cenário de aprendizagem a implementar. Essa proposta foi discutida e alterada, de acordo com as ideias apresentadas pelas professoras.

Deixou-se espaço para que os alunos pudessem intervir na criação do cenário de aprendizagem, possibilitando-lhes fazerem opções (que não foram de importância menor nem para eles nem para o desenvolvimento do projeto), opinarem e procederem a ajustes que considerassem pertinentes à concretização do projeto em curso.

Entre as sessões de trabalho presenciais as professoras contactaram frequentemente membros da equipa de investigação, no sentido de transmitirem opiniões, anseios e expectativas, decorrentes de diálogos que mantiveram com os alunos.

Na criação do cenário de aprendizagem não foram delineados à partida quais os conteúdos programáticos que seriam abordados com o desenvolvimento desse projeto com *robots*, pois acreditamos que devemos apresentar um grande tema (neste caso, a escrita de uma história com *robots*) e que a aprendizagem emergirá do envolvimento dos alunos no trabalho desenvolvido. Os conteúdos não foram o mote para as atividades desenvolvidas com a implementação do cenário; no entanto, existiu intencionalidade partilhada pelos membros do DROIDE II e pelas professoras envolvidas em procurar, durante o trabalho desenvolvido, tirar partido dos momentos em que a inclusão dos conteúdos fosse significativa e/ou estes emergissem das atividades em curso.

ARTEFACTOS: OS ROBOTS

Na fase inicial, os alunos contactaram com *robots* construídos com *kits* da Lego® Mindstorms™ e PicoCrickets, *robots* da Playful Invention Company (PICO). O *kit* PicoCricket possui muitas semelhanças com os *kits* de robótica da Lego®, no entanto está projetado, particularmente, para a construção de criações artísticas.

O PicoCricket é um pequeno computador, ao qual podem ser ligados motores, sensores (de resistência, som, luz e toque) e outros dispositivos (luzes coloridas, caixa de som e mostrador de números).

Preferencialmente os alunos optaram por construir *robots* usando os *kits* de robótica da Lego® Mindstorms™, lançados em 1998 e em 2006, com a utilização dos cérebros Robotics Command Explorer (RCX) e NXT, respetivamente.

Em 1998, foi lançado pela Lego® o primeiro *kit* de robótica escolar, constituído de 718 peças. O *kit* inclui dois tipos de peças: um conjunto de peças técnicas (eixos, rodas, rodas dentadas, conectores, elásticos e cabos) e um conjunto de peças específicas, responsáveis pelo desenvolvimento dos *robots* (o cérebro RCX, dois motores, dois sensores de toque, um sensor de luz, uma torre de transmissão de infravermelhos – porta USB, um manual e um *CD-ROM* com o *software* de programação Robotics Invention System™ 2.0).

Em 2006, o sistema foi atualizado, e a Lego® Mindstorms Education™ lançou novo *kit*, cujo cérebro é o NXT.

Aos cérebros RCX e NXT podem-se ligar até três motores nas portas A, B e C, usando cabos específicos para o efeito. Os motores são usados pelos *robots* para se deslocarem, mover “braços” ou outra estrutura que se pretenda produzir movimento. Os motores são a fonte principal de energia do *robot*, uma vez que a sua função é transformar energia elétrica em energia mecânica.

Existem basicamente quatro tipos de sensores que podem ser ligados a uma das três portas do RCX: sensor de luz, de toque, de rotação e de temperatura. No caso do NXT, existem quatro portas de entrada para ligação dos sensores. Os sensores disponíveis são: de cor, de toque, ultrassónico, de rotação (incorporado no motor), de luz e de som.

Em qualquer um dos modelos, RCX ou NXT, o ambiente de programação consiste em uma aplicação muito intuitiva, que permite programar arrastando blocos de código para a área do programa. Uma vez que a programação é feita de uma forma visual, evitam-se erros de sintaxe. Por essa particularidade, constituem uma ferramenta muito indicada para alunos que não possuam grandes conhecimentos de programação.

Os blocos utilizados estão em inglês, no entanto ambos os ambientes de programação permitem criar blocos personalizados, relativamente à linguagem e à ação que desempenham. Além disso, no caso do RCX, é possível, na estrutura de ficheiros da aplicação, aceder à biblioteca da linguagem e traduzir quase na totalidade a aplicação. Apesar das potencialidades descritas, decidiu-se, na experiência relatada, manter a linguagem original.

Para enviar os programas do computador para o cérebro RCX, é necessário ligar a esse, via porta USB, uma torre de infravermelhos. É essa torre que envia para o recetor de infravermelhos existente no RCX a informação. Toda a comunicação entre o computador e o RCX é efetuada via infravermelhos, utilizando o emissor/recetor presente no RCX e na torre. As comunicações entre a torre de infravermelhos e o RCX estão sujeitas às limitações da tecnologia dos infravermelhos, pelo que a presença de um obstáculo opaco entre o emissor e o recetor pode comprometer a comunicação. Relativamente ao NXT, a informação entre o

cérebro e o computador é feita por um cabo USB ou por uma conexão de *wireless bluetooth*.

No final de 2009, a Lego® interrompeu o apoio direto aos utilizadores do RCX, no entanto oferece um suporte pelo Tufts University's Center for Engineering Education and Outreach (CEEO) por meio de um *site*,³ em nome da Lego®, no qual se pode aceder a *downloads*, ferramentas, suporte técnico e muitas propostas de trabalho para serem desenvolvidas com alunos.

UMA HISTÓRIA COM ROBOTS

O projeto decorreu durante oito sessões, de uma hora e trinta minutos cada, e desenvolveu-se com as duas turmas do 1º ciclo do ensino básico – uma do 2º e uma do 3º ano de escolaridade – descritas anteriormente. O trabalho de projeto é importante na medida em que os alunos desenvolvem habilidades de pesquisa colaborativa e utilização de conceitos e métodos de uma disciplina para resolverem problemas (Greeno; MMAP, 1998, p. 15).

No início de maio de 2011, foram formados dez grupos de trabalho heterogêneos, constituídos de quatro alunos de ambas as turmas. As professoras das áreas curriculares tomaram a iniciativa de proceder à formação dos grupos antes da primeira sessão presencial dos investigadores.

A formação dos grupos de trabalho teve por base a realização de um jogo, com o intuito de os alunos, de ambas as turmas, poderem se conhecer melhor. Foram criados, pelos alunos do 3º ano, pares de figuras simétricas. Os pares de figuras foram divididos de modo que em um conjunto ficou uma parte da figura, e no outro a sua parte simétrica. Cada um dos alunos, de ambas as turmas, retirou aleatoriamente uma das partes simétricas das figuras. Após os estudantes do 2º ano descobrirem qual o aluno, do 3º ano, tinha a parte simétrica da sua figura, entrevistou-o.

Os alunos do 2º ano criaram o guião da entrevista aproveitando a oportunidade para trabalhar a criação desse tipo de texto; como alguns alunos não sabiam como esta era feita, os colegas explicaram que, às vezes, em uma entrevista, o entrevistador utiliza um microfone e faz perguntas a outra pessoa. Referiram ainda que as perguntas vão sendo ditas e respondidas alternadamente. No momento de realização das entrevistas aos alunos do 3º ano, alguns estudantes, do 2º ano, simularam a utilização de um microfone.

Após a formação dos grupos, iniciaram-se as sessões de trabalho conjunto, com a presença dos investigadores, realizadas no refeitório da escola (por ser uma sala grande) e no pátio exterior ao refeitório (onde os alunos experimentavam a programação dos *robots*).

Na primeira sessão conjunta, a 19 de maio de 2011, começou-se por apresentar os membros do projeto, e os alunos também se apresentaram. Essa sessão de trabalho teve como principal objetivo que os alunos compreendessem a diferença

3 *Site* que oferece suporte, em nome da Lego®, aos utilizadores do RCX: <<http://www.legoengineering.com/>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

entre um artefacto que é *robot* e um que não o é, e que construíssem uma ideia partilhada de *robot*. Procurou-se indagar quais as concepções dos alunos acerca de um *robot*, nomeadamente, o que o caracteriza, que materiais são usados na sua construção, se têm ou não sentimentos e se são inteligentes ou não.

Os alunos visionaram o vídeo correspondente ao *trailer* do filme do Wall-E⁴ (*robot* protagonista de um filme de animação). Foi pedido que desenhassem o que, para eles, representava um *robot* e que escrevessem uma frase acerca do seu. Os trabalhos foram apresentados no grande grupo.

Os alunos tiveram à sua disposição artefactos construídos (pela equipa do projeto) com peças Lego®, sendo que uns eram *robots*, e outros não. As construções disponíveis foram: *robots* com cérebros RCX (3 carrinhos de diferentes modelos e 1 Androbot); *robots* com cérebros NXT (1 aranha, 1 cão, 1 dinossauro e 1 humanoide); *robots* construídos com *kit* PicoCricket (1 Up and Down, 1 Spinner e 1 baloiço), e os não *robots* (2 balanças e peças Lego® para serem pesadas; 2 carros e 1 moto).

Um elemento de cada grupo dirigiu-se à mesa, onde estavam as várias construções, e escolheu uma para levar para o seu grupo. No grupo, a construção foi analisada com o propósito de perceberem se o artefacto era um *robot* ou não. Posteriormente teriam de apresentar à turma as suas conclusões. Verificou-se que, na maioria dos casos, os alunos escolheram construções que eram *robots*, embora tivessem à disposição outras que não o eram.

Foi dada a oportunidade, aos grupos, de explorarem outras construções Lego® que não a sua, trocando com outro grupo ou escolhendo outra das que ainda não tinham sido escolhidas. A discussão no grande grupo foi fomentada no sentido de descobrirem e discutirem quais os atributos que transformam um artefacto em *robot*, construindo uma ideia partilhada do que seja um.

No dia 26 de maio, pretendeu-se que os alunos se familiarizassem com as peças utilizadas na montagem de *robots* e que montassem alguns seguindo instruções.

Com o intuito de os alunos se habituarem com as peças, foram apresentados os diferentes motores, cérebros e sensores disponíveis para as construções Lego®. Foi também explicado como ligar os sensores e os motores ao cérebro do *robot* e que portas utilizar.

Foram levados *kits* de montagem de *robots* (RCX, NXT e PicoCricket) em número superior ao necessário, permitindo opção de escolha, por parte dos grupos de trabalho, e instruções de montagem. Os *kits* foram relativos a *robots* de várias categorias (veículos, animais, humanoides, estruturas que produzem movimento etc.), de acordo com o solicitado pelos alunos.

Como os alunos/grupos têm ritmos de trabalho diferentes e o nível de dificuldade de construção dos *robots* não foi o mesmo, a partir dessa sessão os grupos assumiram tarefas distintas. Assim, nas sessões seguintes, à medida que os grupos de

4 Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=PuWGbWCUJfU&feature=email>>. Acesso em: 8 nov. 2014.

trabalho terminavam a montagem dos *robots*, iniciavam a sua programação utilizando o respetivo *software*.

A 2 de junho de 2011, todos os grupos já tinham o seu *robot* montado. Nesse dia, foi solicitado a eles que elaborassem um pequeno texto no qual deveriam descrever as características físicas e emocionais dos seus *robots*. Os textos foram apresentados, no grande grupo, para todos os alunos terem a oportunidade de se familiarizar com os *robots* construídos e conhecerem as suas características.

Nessa sessão, os alunos foram informados de que os *robots* criados pelos diferentes grupos de trabalho representariam o papel de personagens em uma história criada conjuntamente. Assim, após a apresentação, os alunos escolheram quais seriam os papéis principais da história, estabeleceram as relações de parentesco e amizade entre os diferentes personagens e negociaram qual o enredo.

A 7 de julho, os vários grupos tiveram oportunidade de programar o seu *robot*, e a escrita da história foi iniciada pelo grupo que tinha construído um dos personagens principais. A história foi passando, ao longo das sessões seguintes, pelos outros grupos para irem completando-a.

A 21 de julho, já não era obrigatório que os alunos de 3º ano estivessem na escola, uma vez que o período letivo já tinha terminado. Nessa sessão, foi feita uma síntese do trabalho realizado até o momento e estabelecida nova divisão de tarefas. De acordo com as preferências dos alunos, puderam optar se queriam continuar com a programação e o teste dos *robots* ou com a escrita da história. O grupo responsável pela continuação da história fê-la com a professora do 2º ano, em uma sala junto ao pátio do refeitório. Os alunos restantes continuaram programando os seus *robots*, no refeitório da escola, testando a programação nesse mesmo pátio.

Entre 21 e 27 de julho, as alunas dos 2º e 3º anos que tinham ficado responsáveis pela escrita da história continuaram com essa tarefa, em conjunto com a professora do 3º ano.

A sessão de 27 de julho se iniciou, no pátio principal da escola, com a leitura da história por 5 alunas dos 2º e 3º anos. Essas alunas foram as que fizeram parte da conclusão da escrita e, nesse dia, foram lendo à vez, para apresentar o resultado final aos seus colegas, às professoras e aos investigadores.

Após a leitura da história, de volta ao refeitório, os alunos continuaram com a programação dos *robots*, mas tendo em conta o seu personagem e o seu papel na história.

No fim, foi feita uma discussão, no grande grupo, acerca de todo o trabalho realizado. Questionou-se os alunos sobre o que gostaram, ou não, de fazer e, ainda, propôs-se que apresentassem sugestões para a continuidade do projeto.

ANÁLISE DOS DADOS

Em uma primeira fase procurou-se compreender quais as concepções dos alunos acerca do que é um *robot*. Os artefactos físicos estavam à disposição. A questão central foi o modo como os artefactos conceptuais, nomeadamente a concepção de *robot*, tornaram-se disponíveis para a comunidade. Vamos, então, analisar a prática dessa comunidade, procurando evidenciar como se deu a apropriação desse artefacto.

Os atributos imputados pelos alunos a um artefacto representativo de um *robot* satisfizeram o que é comumente aceite, em especial a questão de o *robot* possuir a capacidade de realizar, de maneira autónoma ou pré-programada, determinadas tarefas.

A exploração feita acerca do que transforma um artefacto em *robot* procurou contribuir para a percepção de determinado alinhamento por parte dos alunos com uma realidade mais geral e, para eles, mais tangível.

A oportunidade que os alunos tiveram para manipular as construções que lhes foram facultadas serviu igualmente para evidenciar o facto de que, apesar de nunca terem contactado com os *robots* disponíveis, muitos dos procedimentos necessários ao trabalho posterior com esses artefactos não necessitavam ser expressamente ensinados aos alunos, para que fossem desempenhados corretamente. Com efeito, observou-se que quando os alunos estavam a analisar as construções nos pequenos grupos, colocaram os *robots* a funcionar, sem necessitarem de qualquer tipo de ajuda. Independentemente do tipo de *robot* escolhido (NXT, RCX ou PicoCricket), tiveram muita facilidade em ligar e desligar apesar de não ser muito evidente como fazê-lo em alguns dos modelos utilizados.

O desenvolvimento subsequente das atividades pareceu indicar que a introdução ao tema foi realizada com sucesso, uma vez que foi construída uma ideia partilhada do que representa um *robot*, despertando nos alunos bastante curiosidade e interesse no aprofundamento do trabalho com esses artefactos.

Tendo consciência de que os alunos estabelecem relações sociais variadas e difusas na sala de aula, procurou-se, com a criação desse cenário de aprendizagem, que os alunos estruturassem e construíssem significados nas práticas em que participavam.

Verificou-se que a construção dos *robots* para desempenharem o papel de personagens em uma história, bem como a criação da própria história foram produtos de um processo conjunto de negociação que refletiu, ao longo de todo o decurso, a complexidade do engajamento mútuo dos alunos na prática.

A consecução desse empreendimento conjunto não significou que todos acreditassem nele ou que estivessem de acordo em todos os aspetos; significou, sim, que a negociação foi feita conjuntamente.

No episódio seguinte é visível a negociação das características, físicas e em termos de personalidade, de cada um dos *robots*, em que os alunos encontraram maneiras que facilitaram a negociação conjunta, vivendo e respeitando as suas diferenças e coordenando as suas aspirações individuais ao longo de todo o processo.

F.: E se ele for futebolista?

L.: Futebolista, yah! Podias pôr uma bola e ele jogava! [o aluno movimentou o braço, tentando reproduzir o movimento esperado pelo *robot*]

F.: Ou então basquetebolista. Ele só tinha de chegar e...

L.: Tu jogas basquetebol, não é? Eu também.

O.: Vá! Quem quer que ele seja futebolista?

[L. abana a cabeça em sinal de negação.]

A.: Eu quero que ele jogue *bowling*.

L.: *Bowling*? Mas ele nem numa bola consegue pegar!

O.: Vá! Então? Quem é que quer que ele jogue futebol?

Nesse grupo, cada um dos elementos teve oportunidade de escrever acerca das características do *robot*, no entanto estas foram previamente negociadas. No momento do diálogo transcrito anteriormente era o O. quem estava incumbido de escrever, por isso questionava constantemente se os colegas restantes tinham chegado a um acordo. Uma vez que o consenso não foi estabelecido, o O. considerou que possuía legitimidade para decidir que o *robot* seria futebolista, pois, naquele momento, era ele o responsável pela escrita.

Posteriormente foi decidido conjuntamente que o *robot* teria 18 anos de idade. Quando chegou a vez do L. escrever, ele que queria que o *robot* fosse basquetebolista, questiona se pode escolher o dia em que o *robot* faz anos; os elementos restantes do grupo concordaram, e o aluno escreveu na folha: “Nasceu a 2 de fevereiro”.

O excerto aqui transcrito é ilustrativo da negociação que foi estabelecida não só neste mas entre os diferentes grupos de trabalho. Nessa sessão, em particular, verificou-se que houve grupos em que uns membros escolhiam algumas características para o seu *robot*, e os demais escolhiam outras.

Esse excerto elucida, igualmente, a maneira como os *robots* construídos apresentam características físicas e psicológicas que reificam a participação dos alunos em diferentes práticas, associadas ao trabalho com os *robots* ou não. A escolha da atividade profissional esteve relacionada com o facto de os alunos praticarem desporto e falarem acerca disso. Em contrapartida, o conhecimento das potencialidades e limitações do *robot* resulta de um trabalho realizado em sessões anteriores (montagem, programação livre, interação com os outros *robots* etc.) e faz com que, por exemplo, a ideia de ele ser jogador de *bowling* seja prontamente colocada de parte, pois foi comumente aceite que o *robot* não conseguiria segurar uma bola.

Após todos os grupos terem definido as características de cada um dos *robots*, foi necessário decidir qual o enredo principal da história. Nesse momento, foram discutidas quais seriam os personagens principais; essa escolha não foi, à partida, consensual. Uns alunos queriam que fosse a aranha Há e o Lama, outros que fossem os dois cães gémeos. Os alunos, de cada uma das partes, apresentaram argumentos que validaram, ou não, a sua escolha perante os que estavam indecisos.

Quando solicitados, pela equipa de investigadores, a tomarem uma decisão acerca de qual o enredo principal para a história, os alunos apresentaram os seus motivos, conforme se pode observar na seguinte transcrição:

I.: Eu acho que devem ser os dois irmãos gémeos, porque assim...

Professora do 2º ano: Os dois?

I.: Irmãos.

Professora do 2º ano: E não é o teu *robot*, é?

I.: Não.

Professora do 2º ano: Oh! Boa! [diz em voz baixa]

I.: Porque assim eles podiam discutir, os dois irmãos, e aí entravam os dois *robots* [referindo-se ao Lama e à aranha Há] para tentar reconciliá-los.

Professora do 2º ano: Por exemplo...

Investigadora: Concordam que os dois personagens principais sejam os dois cães?

Aluna do grupo Lama: Os personagens principais vão ser o nosso *robot* e a aranha.

Professora do 2º ano: Vão ser?

Aluna do grupo Lama: Não...

Professora do 2º ano: Ah, achas que deveriam ser...?

Investigadora: E por quê?

Aluno do grupo Lama: Pode haver, tipo, equipas, haver estes dois vilões...
Aquele, a Há, faz uma teia, e este [Lama] dispara bolas.

Investigadora: Muito bem, mas isso pode fazer parte da história. E os outros grupos, acham que esses devem ser os principais?

Aluna do grupo Lama: E os secundários seriam a abelha e o Cook *Robot*.

Investigadora: Todos os outros vão ser secundários.

A compreensão de que os membros de uma comunidade têm do seu empreendimento conjunto e dos efeitos dele na sua vida, não precisa ser uniforme para que seja um produto coletivo. No episódio anterior apresentado não foi unânime que os personagens principais fossem os dois cães gémeos, no entanto após os alunos terem exposto os seus argumentos, foi decidido pelo restante que esses seriam os dois personagens principais da história.

Tendo sido estabelecidas as características dos personagens – *robots* – e definido o enredo principal da história, foi dada a oportunidade aos alunos de escolherem se queriam programar ou seguir unicamente com a escrita da história, assim as tarefas foram distribuídas e com elas as diferentes responsabilidades. Com efeito, negociar um empreendimento conjunto dá lugar a relações de responsabilidade entre os envolvidos. Essas relações incluem o que interessa e o que não interessa, o que é importante e porque é importante, o que fazer e o que não fazer, ao que prestar atenção e o que ignorar, sobre o que falar e o que não dizer, o que justificar e o que assumir como justificado, o que exhibir e o que conter, perceber quando as ações e artefactos são suficientemente bons e quando necessitam ser melhorados ou refinados (Wenger, 1998, p. 81).

Todo o processo de escrita da história e criação de *robots* para que fossem personagens não foi unicamente uma meta estabelecida. A partir do momento que os alunos foram informados de que tinham de estabelecer as características físicas e psicológicas dos *robots* para que fossem personagens de uma história por eles escrita, criou-se entre os membros da comunidade relações de responsabilidade mútua, que se converteram em uma parte integral da prática.

Ao grupo de alunos que continuou a escrita da história foi confiado o poder de decidir sobre o rumo que ela tomaria, conforme se pode verificar na seguinte

transcrição de relato da professora do 3º ano que acompanhou o grupo responsável pela continuação da escrita: “Um pequeno grupo de alunas reuniu-se para a escrita da história. A dinâmica foi muito interessante porque tinham de integrar dez personagens, respeitando as características (físicas e psicológicas) que os diferentes grupos tinham decidido para cada uma delas”.

Notou-se que esse grupo de alunas procurou respeitar as características individuais dos *robots* criados pelos vários grupos, bem como as relações de amizade predefinidas entre eles. Quando se reuniam para continuar com a escrita da história, consultavam repetidamente os documentos facultados pelos grupos de trabalho, nos quais estavam expressas as particularidades de cada um dos *robots*.

Verifica-se que os *robots* construídos,⁵ bem como a história escrita, representam formas de reificação de uma prática levada a cabo por esses alunos. Estes elementos – *robots* e história – apresentam-se como reificações que corporizam aspetos da prática desenvolvida no projeto com *robots*. Nessa prática, a negociação de significados caracterizou-se pelo engajamento mútuo nas atividades desenvolvidas, nas maneiras de colaboração que se estabeleceram e nas formas de partilhar e representar ideias no coletivo. Os *robots* e a história revelam, nas suas características, elementos tangíveis da história de participação nessa prática específica.

Como é evidente no processo de negociação foram vivenciados pelos alunos alguns constrangimentos, conflitos e tensões. O projeto foi desenvolvido com alunos de duas turmas, de dois anos distintos, vindos de duas práticas de sala aula, que em determinados aspetos eram também elas diferentes. No projeto conjunto com *robots*, os alunos encontraram maneiras que facilitaram a negociação conjunta, vivendo e respeitando as suas diferenças e coordenando as suas aspirações individuais ao longo de todo o processo.

Os *robots* foram construídos daquela forma e com aqueles atributos porque os alunos assim o entenderam. Não resultou de uma imposição ou sugestão externa aos membros dessa comunidade que um determinado *robot* fosse uma joaninha ou outro inseto, gostasse de comer guloseimas ou detestasse água, adorasse cozinhar ou detestasse ficar de castigo no quarto. Esses *robots* só assumiram tais características porque os alunos assim o entenderam. Foi o resultado de um processo que deu forma à experiência vivida, produzindo objetos que congelaram essa experiência em uma “coisa”. No entanto, os produtos da reificação não são apenas objetos materiais concretos, são também reflexões dessas práticas.

A participação e a negociação de significados levadas a cabo nos diferentes grupos de trabalho assumiram características muito próprias que reificam, igualmente, a experiência trazida de situações anteriores de trabalho em pequenos grupos para a realização de tarefas escolares, nomeadamente projetos sugeridos pelas professoras de ambas as turmas. Nestas, os alunos já estavam habituados a trabalhar em grupo, portanto já existiam normas subjacentes a esta dinâmica de trabalho que estavam incutidas nos alunos, nomeadamente: ouvir o outro; procurar incluir as

5 O *robot* não é só um objeto físico construído. Ele engloba todas as suas características de personalidade e relação com os outros *robots*, definidas pelos alunos.

ideias dos colegas; cooperar no sentido de ajudar os que apresentam maiores dificuldades na execução das tarefas; dividir as tarefas pelos diferentes elementos do grupo; eleger um porta-voz, que poderia ser sempre o mesmo ou rotativo; no entanto, em nenhum outro projeto os alunos tiveram a oportunidade de trabalhar com colegas de outra turma, e este representou o momento em que alunos de 2º e 3º anos tiveram de aprender a trabalhar em conjunto.

Na transcrição seguinte, uma aluna do 3º ano, H., explica em que é que esse projeto foi diferente dos que já tinha realizado anteriormente:

H.: Nos projetos que realizávamos antes, íamos à internet pesquisar... Aqui não! Construímos *robots* e uma história. Este projeto é diferente porque eu nunca tinha mexido em *robots*, nunca tinha programado e nunca tinha trabalhado com o 2º ano.

Investigadora: Foi importante trabalhar com os meninos do 2º ano?

H.: Sim. Os meninos do 2º ano ajudam porque também têm muitas ideias!

A motivação dos alunos para realizarem as tarefas propostas prendeu-se não só com o facto de estarem a construir e programar *robots*, mas também por terem a oportunidade de trabalhar com colegas de outra turma, os quais já conheciam.

Outro aspeto que distinguiu esse projeto dos anteriormente realizados pelas duas turmas, e que condicionou a participação dos alunos, foi o facto de estes estarem ao mesmo nível das suas professoras no que se refere à execução das tarefas propostas. Nenhuma das duas professoras possuía um conhecimento prévio acerca dos *robots* utilizados, de como construí-los ou programá-los. Nesse aspeto, professoras e alunos estavam “em pé de igualdade”, existindo muitos momentos em que os alunos ensinaram às professoras como desempenhar um determinado procedimento, contrariando a prerrogativa, vulgarmente associada às práticas levadas a cabo nas salas de aula, de que o professor tem a incumbência de ensinar e o aluno a de aprender.

Foquemo-nos, por exemplo, em uma das sessões de programação dos *robots* em que surgiu o seguinte diálogo entre a professora P., do 2º ano, e o aluno A., do 3º ano, aquando da programação do *robot*:

A.: Ele [*robot*] vai ter que andar para frente... Andar para frente... [explicação do programa que o *robot* executará]

P.: CB, não é? [a professora está a questionar quais os motores que vão ser utilizados]

A: Hum? AC, AC. AC é para andar para frente. Ele mexe estes dois motores [mostra os motores que estão na base quadrúpede do *robot*] e vai para frente. Depois...

P.: Anda para frente. O que é isso? [aponta para o monitor do computador]

A.: Isto é para falar.

[Os dois, professora e aluno, leem a programação quase em uníssono.]

P.: Fala... Depois dá a volta.

A.: Depois ele vai dar a volta, depois vai para frente, depois disparar.

- P.:** Dispara pá frente...
- A.:** Ele vai pá frente durante... cinco segundos.
- P.:** Onde é que...? Ah! [questiona e observa como é que o aluno define o tempo que o *robot* vai se movimentar]
- A.:** Ah! Finalmente, cinco segundos e agora vou meter outro... Aquela parte que ele vai começar a disparar e o outro vai começar a defender as bolas. [explicação da introdução dos blocos de programação necessários para realizar a ação desejada – lançar três bolas]
- P.:** As bolas. E tu marcas sempre aqui a duração, é? [aponta para o monitor do computador]
- A.:** Sim, a duração é o tempo que dura. Vai durar... uns seis segundos. Agora vamos meter isto pra... [mostra o cabo USB à professora que serve para passar a programação do computador para o *robot*]
- P.:** Agora vamos pôr a... fazer isso, não é?
- A.:** Vamos pôr lá fora, naquela parte. [referindo-se ao pátio da escola onde os alunos experimentam a execução dos programas pelos *robots*]

No diálogo estabelecido verifica-se uma forte ligação entre o desempenho do *robot* na história e a sua programação para o efeito desejado.

No episódio descrito, o aluno está claramente a explicar à professora alguns aspetos da programação do seu *robot*, pois ela ainda não estava familiarizada com o ambiente de programação. A professora que está a interagir com o aluno não é muito ligada ao uso das tecnologias, por isso, até essa sessão, ainda não tinha manifestado interesse em entender o ambiente de programação. Além disso, tinha estado envolvida, com outros alunos, na escrita da história. Em contrapartida, o aluno envolvido no diálogo tinha faltado à sessão anterior, pois tinha afirmado que estaria em viagem à Disneylândia. No entanto, correndo o risco de cair em descrédito perante a turma, veio a essa sessão já que andava muito entusiasmado com o trabalho que estava a desenvolver.

A explicação do aluno à professora de como é que tinha de programar o *robot* contribuiu para a apropriação de um reportório comum nomeadamente da linguagem e dos conceitos envolvidos na programação.

Encontramos nesse episódio elementos que permitem falar em engajamento na atividade em curso. Aluno e professora denotam uma construção coletiva dos saberes inerentes à programação, uma vez que analisam e discutem conjuntamente o programa que permitirá ao *robot* desempenhar o seu papel na história.

Quando se iniciou o trabalho com os *robots*, os alunos da turma do 2º ano não tinham ainda lecionado as relações existentes entre diferentes unidades de medida de tempo. Sem a compreensão dessas relações e do que cada unidade de tempo representava em termos de uma ação desempenhada por um *robot*, eles não conseguiam programar de maneira adequada para desempenharem determinadas tarefas. No entanto, o estabelecimento dessas relações matemáticas, com vista à obtenção de uma programação eficaz, surgiu de modo muito natural, embebido na prática de programar.

A maneira como os alunos programaram os *robots* proporcionou-lhes oportunidades, na medida em que negociaram e partilharam significados. Os alunos alargaram o seu repertório, por exemplo, relativamente a maneiras de falar e perceber noções temporais e espaciais. Na prática de programar *robots*, eles precisaram testar hipóteses acerca de qual a melhor programação para obter certo desempenho e, inversamente, qual o desempenho do *robot* quando corresse um determinado programa. Desse processo emergiram diversos conceitos matemáticos relacionados a relações de tempo e espaço, tais como: posição, orientação, duração, trajetórias, direção e movimento.

O *robot* assumiu um papel estruturante se apresentando como um bom suporte para o diálogo acerca de determinadas noções, como, por exemplo, as relacionadas com a percepção espaço-temporal.

A reificação molda a nossa experiência. Tendo-se uma ferramenta para desempenhar uma atividade, muda-se a natureza desta. O *robot* reifica a experiência de aprender matemática, e certos conceitos matemáticos “nascem” agarrados a ele (Fernandes, 2012a, 2012b); muda também a maneira como os alunos veem a aula de matemática e como se posicionam em relação ao que é estar em uma aula de matemática (Fernandes, 2013, p. 17).

Existiu um repertório partilhado na prática de programar o *robot* que refletia o entendimento do que aquele artefacto representava, como podia ser construído, usado e partilhado. É nesse sentido que o conhecimento é colocado no colectivo, evidenciando a maneira como é produzido, utilizado e reproduzido. O repertório partilhado reflete a coerência da prática, emerge como uma fonte de coerência da comunidade (Wenger, 1998).

Em contrapartida, e como esse episódio evidencia, a introdução desse artefacto na prática escolar conduziu a que professoras e alunos enfrentassem desafios semelhantes: nunca tinham construído ou programado *robots* anteriormente.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na investigação a que se refere este artigo, alguns resultados merecem ser realçados, nomeadamente quanto às potencialidades dos artefactos utilizados (*robots*), à metodologia de trabalho implementada e, conseqüentemente, aos padrões de participação que esses dois aspetos fizeram emergir.

Os *kits* de robótica utilizados propiciaram uma grande interatividade física, aspeto que nos pareceu assumir grande relevo em termos motivacionais para os alunos. Todo o processo de construção e montagem dos *robots* foi inerentemente colaborativo, partindo dos alunos a divisão de tarefas no grupo, de modo a executarem o proposto. O facto de os *robots* terem sido construídos de génese pelos alunos revestiu-se de grande importância para eles, uma vez que esses objetos assumiram características muito específicas, que reificam uma prática que, para eles, foi muito significativa. A maneira como dividiram tarefas ao seguir as instruções de montagem ou o modo como escolheram os adereços a colocar nos *robots* – antenas, patitas, olhinhos etc. – resultam da tomada de opções conjuntas, negociadas no seio de cada grupo de trabalho.

Construir o *robot* também assumiu relevância no momento de programá-lo. Ao programarem um *robot* que construíram, os alunos obtiveram um melhor conhecimento acerca da sua morfologia, do posicionamento dos motores e sensores e do tipo de *outputs* que estes produziam quando programado. Dotou-lhes de um melhor conhecimento acerca da robustez e/ou das fragilidades do modelo que estavam a programar. Verificou-se que esses aspetos foram determinantes nas opções tomadas em termos de programação (Martins, 2013, p. 133).

Os alunos, ao construírem os *robots*, personificam esses artefactos, colocando muito de si, das suas personalidades e vida neles. Esse aspeto é bem visível nos adereços colocados, bem como nas características em termos de personalidades que são atribuídas aos *robots*. Esses estados são mais que mero embelezamento do *robot*, embora possa parecer isso; representam a personificação do *robot* e ajudam os alunos a encontrar motivos para se envolverem na sua aprendizagem (Fernandes, 2013, p. 159).

Assumi particular destaque o facto de os alunos terem de conceber as características físicas e psicológicas para os *robots* construídos, na experiência que aqui se descreve. Verificou-se que a construção dos personagens, com a definição das características físicas e psicológicas dos *robots*, foi um campo fértil para as crianças manifestarem aspetos das suas próprias personalidades, projetando características suas nesses artefactos. Ao criarem os personagens e escreverem a história, as crianças falaram da sua própria realidade, projetaram as suas identidades, fazendo realçar o seu reportório acumulado de vivências, aspirações, sentimentos e experiências, anteriormente vivenciados. Esse processo social, situado em um contexto específico, molda a participação dos alunos e a forma como o conhecimento é construído. O ato de aprender não poderá, então, ser visto desligado dos vínculos que emergem das relações sociais.

Contar e criar histórias pode ser algo muito criativo e estimulante. Ao criar uma história, a criança decide o que dizer, quando dizer e como dizer. Fazendo-o em conjunto com outras crianças, a negociação de tudo o que é dito é um aspeto importante que tem de ser ponderado. Nesse caso, a escrita conjunta da história levou a que os alunos envolvidos tivessem de apresentar justificativas para os seus desejos e renúncias, de modo que o produto final fosse o mais consensual possível. A negociação de significado, inerente à prática com *robots*, permitiu dar forma à experiência, produzindo objetos – história e *robots* – que congelam essa experiência e que refletem histórias pessoais de pertença.

Um dos aspetos relevantes a considerar, e que de certo modo potenciou o cenário de aprendizagem desenhado, prende-se com o facto de ter sido construído conjunta e colaborativamente por todos os intervenientes: equipa de investigadores, professoras das turmas e alunos. Ao longo de todo o processo de implementação foram consideradas as aspirações/ intenções dos intervenientes, com vista à consecução dos objetivos inicialmente estabelecidos.

A existência de um empreendimento em conjunto – escrita conjunta e dramatização de uma história, cujos personagens foram os *robots* construídos pelos alunos – foi um aspeto preponderante para o engajamento dos alunos na prática que aqui se analisou. Mais que uma meta ou objetivo a alcançar, esse empreendimento

conjunto foi algo definido pelos participantes (alunos, professoras e investigadores) no processo de atingirem-no e, conseqüentemente, nas ações negociadas perante as situações com que se depararam, e que, por isso, é algo que lhes pertence plenamente.

No cenário de aprendizagem que aqui se descreve ficou claro que os *robots* moldaram a forma como os alunos participaram e, por conseguinte, como construíram o seu conhecimento. A inclusão desse recurso na prática matemática escolar abriu portas para a criação de um repertório partilhado de saberes e significados. Os processos matemáticos de tentativa e erro, conjectura e experimentação foram altamente sustentados pelo uso dos *robots*.

Não podemos, no entanto, desvincular a utilização do *robot* do tipo de metodologia de trabalho adotado. A cooperação e a interdisciplinaridade que caracterizaram o projeto, a formação de grupos de trabalho heterogêneos, com alunos de ambas as turmas, o posicionamento das professoras e da equipa de investigadores, a negociação nas decisões e o sentido de responsabilidade e responsabilização como motores impulsionadores das tarefas desenvolvidas foram, sem dúvida, aspetos facilitadores de todo o processo. As professoras manifestaram que, tendo sido adotada uma metodologia de trabalho de projeto, fez emergir, em alguns alunos, competências que elas próprias não sabiam que estes possuíam.

REFERÊNCIAS

BOALER, J. *Experiencing school mathematics*. Revised and expanded edition. New Jersey: Laurence Erlbaum Associates, 2002.

_____. ; WILLIAM, D.; ZEVENBERGEN, R. The construction of identity in secondary mathematics education. In: INTERNATIONAL MATHEMATICS EDUCATION AND SOCIETY CONFERENCE, (Unpublished), 2., 2000. Montechoro, Portugal. Disponível em: <<http://eprints.ioe.ac.uk/1142/1/Boalertheconstructionofidentity.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2012.

BORBA, M. C. Pesquisa qualitativa em educação matemática. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPEd, 27., 2004, Caxambu. *Anais...* Caxambu: ANPEd, 21-24 nov. 2001. p. 1-18. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/gpimem/downloads/artigos/borba/borba-minicurso_a-pesquisa-qualitativa-em-em.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2012.

FERNANDES, E. *Aprender matemática para viver e trabalhar no nosso mundo*. 2004. 479f. Tese (Doutorado em Educação – Didática da Matemática) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004. Disponível em: <<http://cee.uma.pt/people/faculty/elsa.fernandes/artigos/Tese%20EMdSF.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2012.

_____. Robot can't be at two places at the same time: material agency in mathematics class. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION, 36., 2012, Taipei-Taiwan. *Proceedings...*, Taipei-Taiwan, 18-22 jul. 2012, v. 2, p. 227-34, 2012a.

_____. Aprender matemática com robots: a dança entre a agência material e agência conceptual. In: SEMINÁRIO DE INVESTIGAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 23., 2012, Coimbra. *Atas...* Coimbra, p. 295-307, out. 2012b.

_____. (Ed.) *Aprender matemática e informática com robots*. Universidade da Madeira, 2013. Disponível em: <www.cee.uma.pt/droide2/ebook/index.html>. Acesso em: 18 set. 2013.

- FLORES, P. Q.; PERES, A.; ESCOLA, J. Integração das tecnologias na prática pedagógica: boas práticas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL GALEGO-PORTUGUÊS DE PSICOPEDAGOGIA, 10., 2009, Braga. *Atas...* Braga: Universidade do Minho, 9-11 set. 2009, p. 5.764-5.779.
- GREENO, J. G.; MIDDLE SCHOOL MATHEMATICS THROUGH APPLICATIONS PROJECT (MMAP). The situativity of knowing, learning and research. *American Psychologist*, Washington, DC: American Psychological Association, v. 53, n. 1, p. 5-26, 1998. Disponível em: <http://methodenpool.uni-koeln.de/situiertereslernen/Greeno_1998.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2012.
- JOINT MATHEMATICAL COUNCIL OF THE UNITED KINGDOM (JMC). *Digital technologies and mathematics education*. [S.l.:s.n.], 2011. Disponível em: <http://cme.open.ac.uk/cme/JMC/Digital%20Technologies%20files/JMC_Digital_Technologies_Report_2011.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2012.
- LAVE, J. Teaching, as learning, in practice. *Mind, Culture, and Activity*, LCHC, v. 3, n. 3, p. 149-164, 1996.
- LAVE, J.; WENGER, E. *Situated learning: legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press, 1991.
- MARTINS, S. Da escrita de uma história à produção de um filme. In: FERNANDES, E. (Ed.). *Aprender matemática e informática com robots*. Universidade da Madeira. 2013. Disponível em: <www.cee.uma.pt/droide2/ebook/index.html>. Acesso em: 18 set. 2013.
- MATOS, J. F.; SANTOS, M. Methodological issues emerging from field work research under a situated perspective. In: SOCIO-CULTURAL THEORY IN EDUCATIONAL RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE: THEORY, IDENTITY AND LEARNING, 2., 2007, Manchester. *Proceeding...* Manchester: University of Manchester, 9-12 set. 2007.
- PERALTA, H.; COSTA, F. A. Competência e confiança dos professores no uso das TIC. Síntese de um estudo internacional. *Sísifo*, Lisboa: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa; Lisboa: Unidade de I&D de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa, n. 3, p. 77-86, maio/ago. 2007.
- RICOY, M. C.; COUTO, M. J. As TIC no ensino secundário na matemática em Portugal: a perspectiva dos professores. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa, v. 14, n. 1, p. 95-119, mar. 2011.
- SANTOS, M. P. *Encontros e esperas com os arduos de Cabo Verde: aprendizagem e participação numa prática social*. 2004. 701f. Tese (Doutorado em Educação – Didática da Matemática) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004. Disponível em: <<http://sites.google.com/site/madalenapintosantos/doutoramento>>. Acesso em: 1 abr. 2012.
- SAVENYE, W. C.; ROBINSON, R. S. Qualitative research issues and methods: an introduction for educational technologists. In: JONASSEN, D. H. (Ed.). *Handbook of research on educational communications and technology*. 2. ed. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 2004.
- WENGER, E. *Communities of practice: learning, meaning and identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998.
- _____. *Communities of practice: a brief introduction*. [S.l.: s.n.], 2006. Disponível em: <<http://wenger-trayner.com/wp-content/uploads/2012/01/06-Brief-introduction-to-communities-of-practice.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2012.

SOBRE AS AUTORAS

SÓNIA MATILDE PINTO CORREIA MARTINS é mestre em ensino da matemática pela Universidade da Madeira (Portugal). Professora da Escola Básica e Secundária Dr. Ângelo Augusto da Silva (Portugal).

E-mail: smpcm@netmadeira.com

ELSA MARIA DOS SANTOS FERNANDES é doutora em didática da matemática pela Universidade de Lisboa (Portugal). Professora da Universidade da Madeira (Portugal).

E-mail: elsa@uma.pt

Recebido em junho de 2012

Aprovado em dezembro de 2013