
Robótica Educacional: técnica e criatividade no contexto do Projeto Um Computador por Aluno

Daniel de Queiroz Lopes, Léa da Cruz Fagundes, Maria Cristina V. Biazus

Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Av. Paulo Gama, 110 - prédio 12105 - 3º andar sala 332
CEP 90040-060 - Porto Alegre (RS) - Brasil
{daniel.lopez, leafagun, cbiazus}@ufrgs.br

Abstract: *This text discusses educational robotics as a way of bringing the Fundamental level of schooling into the context of science and technological development. It analyzes the technical activity as a symbolic activity and the creativity from a field of possibilities of modeling and programming of prototypes at the UCA (OLPC) Project. The results show that the building from models just resulted in analogy, whereas, the exploratory conduct favored the opening of new possibilities and the manifestation of creativity.*

Keywords: *robotics, creativity, Education*

Resumo. *O presente estudo discute a robótica educacional como meio de trazer a escola de ensino fundamental para o contexto do desenvolvimento científico e tecnológico. Analisa a atividade técnica como atividade simbólica e a criatividade a partir do campo de possibilidades da modelagem e programação de protótipos no contexto do Projeto UCA. Os resultados demonstraram que a construção a partir de modelos limitou-se a simples busca por analogia, enquanto que a conduta exploratória favoreceu a abertura de novos possíveis e a manifestação da criatividade.*

Palavras chave: *robótica, criatividade, Educação*

1. Introdução

As três últimas décadas sugerem mudanças significativas nas formas de se pensar o ser, o viver e o aprender [LÉVY, 1993; BAUMGARTEN, 2001; GIANNETTI, 2006]. A sociedade tecnologizada exige dos cidadãos novas aptidões que outrora faziam parte apenas de universos técnico-burocráticos especializados. Num mundo de “facilidades” crescentes proporcionadas pela tecnologia, é possível perceber uma sofisticação do papel dos sujeitos-usuários, ao mesmo tempo em que ocorre um distanciamento do saber técnico que sustenta o funcionamento destas novas interfaces tecnológicas [RESNICK, BERG & EISENBERG, 2000]. A desqualificação profissional está diretamente relacionada à trajetória da escolarização do brasileiro. Estudos apontam que, além dos fatores sociais e econômicos, a inadequação dos currículos e das propostas pedagógicas está diretamente relacionada à repetência e ao abandono dos estudos [SAMPAIO, 2000]. O desinteresse pela escola por parte dos alunos é evidente, sendo que 37,7% de

jovens de 10 a 14 anos e 45,1% de 15 a 17 anos declararam que não estão na escola porque “não querem” [NERI, 2007].

O que se passa, então com a escola? Como modificá-la de modo que o estudante passe a percebê-la relacionada com a sua vida? Como se poderia pensar num uso inovador da tecnologia? A fim de que a tecnologia possa estar a serviço de uma transformação na escola, seria preciso que o processo educacional reorientasse suas práticas e metodologias em função de uma nova relação com o conhecimento, com a ciência, com o trabalho e com a técnica. Assim, ao invés de se tratar da inserção da tecnologia na escola, a pergunta deveria ser invertida: como promover ações para que a escola entre na era do desenvolvimento tecnológico e científico? Já é fato que simplesmente colocar a tecnologia à disposição da escola não é suficiente. Somente a mudança na escola, do estabelecimento de uma nova relação com o saber, é que será possível pensar num uso inovador da tecnologia, e não o inverso. Para tanto, compreender a estreita relação entre a produção de conhecimento, a cultura e a técnica, se torna essencial.

1.1. A técnica

A origem da arte e da técnica possui uma relação bastante estreita. Segundo Giannetti (2006), na Antigüidade clássica eram utilizados os termos *tékne* e *mousiké* para distinguir o que hoje se atribui ao amplo conceito de arte. Não havia uma separação entre as disciplinas científicas e artísticas. Porém, ao longo da história, segundo a autora, estabeleceu-se um processo progressivo de diferenciação de cada um dos campos, desde a distinção entre arte e artesanato, até os dias atuais, quando a arte passa a reivindicar, através do debate sobre a estética, sua autonomia enquanto campo conceitual. Esse processo de diferenciação esteve sempre estreitamente relacionado aos desdobramentos dos acontecimentos sócio-políticos e tecnológicos. Giannetti relata que o uso de máquinas na arte, a partir do século XIX, intensifica o debate entre arte e artesanato. No entanto, o novo olhar sobre o mundo que as tecnologias produziram teve uma importância muito grande para a linguagem artística. A autora afirma que essa aproximação do campo da arte e da técnica foi, ao mesmo tempo, uma aproximação da arte e da ciência.

Apesar de a maior parte das discussões em torno da técnica e da criatividade centrar-se nos desenvolvimentos científicos mais recentes, a Antropologia tem revelado diversos vestígios da ação humana que indicam a estreita relação entre técnica e criatividade. Seria possível, assim, pensar a atividade técnica como fruto de atividade simbólica? No caso particular da construção de autômatos e da cibernética, é possível analisar as relações entre técnica e atividade simbólica a partir das metáforas do mundo natural e social. A idéia dos mecanismos autômatos pode ser evidenciada já nas invenções dos matemáticos da antiga Grécia, como Archytas e Aristóteles [TMTh, 2008]. De fato, a idéia de “autômatos” sempre fascinou os filósofos da Antigüidade, seja através da Matemática e da Mecânica, seja na forma de uma tecnomitologia (ex.: estátua de Ammon em Tebas, o mito de Pigmalião) [Nascimento, 2006]. Ao longo da história, é possível identificar que o interesse por mecanismos autômatos esteve relacionado tanto ao sentido de realizar tarefas e minimizar o trabalho humano, quanto ao sentido de representar organismos vivos (ex.: o Pato de Vaucason, o Robô de Leonardo). A construção desses mecanismos automáticos serviu para testar e por em prática algumas

teorias formuladas acerca do movimento e da mecânica. Ao mesmo tempo, servia de ensaio para a produção de novas idéias e invenções para as comunidades científicas, para o comércio, para o entretenimento e, infelizmente, para a guerra. Essa evolução tecnológica representada pelas invenções é bem evidente quando se analisa o desenvolvimento das primeiras idéias computacionais, principalmente nas idéias contidas no Tear de Jacquard, em 1801, na Máquina Diferencial de Babbage, em 1822 e nas máquinas construídas por Turing, em 1936. Pode-se afirmar que essa relação entre o homem e a técnica produziu não só invenções, mas novas formas de perceber o mundo e a si mesmo. Quando o escritor tcheco Karel Capek, em 1921, apresentou, pela primeira vez, o termo “robot”, utilizado na sua peça teatral, revelou uma concepção ou aspiração em relação aos mecanismos autômatos já apontada na Grécia Antiga. Ao tomar o sentido da palavra “robot”, que em sua língua significa “trabalho forçado”, sintetizou a aspiração humana de ter máquinas a seu serviço.

Lemos (1999) sustenta que o fenômeno técnico é uma primeira característica do fenômeno humano, não sendo possível pensar o ser humano antropológico e socialmente sem a dimensão da técnica. O autor complementa afirmando que a formação do córtex humano está imbricada ao próprio desenvolvimento da técnica e da linguagem, numa co-evolução zoológica. Assim, como a técnica está presente no surgimento do homem e da linguagem, toda atividade técnica é uma atividade simbólica. Antropogênese e tecnogênese coincidem de forma “simbiótica”, na qual o próprio fenômeno humano objetiva-se como técnica. Lemos (1999), com base em autores como Moscovici e Stiegler, propõe que se supere a dicotomia entre o artificial e o natural. Afirma que a cultura emergente resulta de um processo de artificialização da natureza, no sentido de que tudo que é produzido pelo ser humano e que não pode se auto-reproduzir é artificial. Assim, produzir o artificial é uma atividade absolutamente natural como qualquer outra atividade simbólica.

Ao contrário do que tem acontecido entre a técnica e o campo das artes, a educação tem se mantido distante da tecnologia – com raras exceções, como na educação profissional. A educação tem lidado com o conhecimento escolar sem levar em consideração a noção de processo científico, cuja produção de instrumentos e técnicas foi condição da pesquisa e da própria produção dos diferentes campos do saber. Na escola, fala-se muito do conhecimento e muito pouco de como ele foi gerado; logo, não há espaço para a invenção e para a criação. A experiência, quando acontece, quase sempre parte de modelos prontos, roteiros a seguir, perguntas a serem respondidas. Até que ponto o uso de modelos é suficiente para garantir as aprendizagens? Para chegar a uma resposta não seria preciso, primeiro, construir a pergunta? Como se elaboram os instrumentos para a busca de respostas? Que estratégias adotar para tornar possíveis os processos criativos?

1.2. A criatividade

Alguns autores definem a criatividade como uma capacidade ou uma habilidade humana expressável na forma de produto ou idéia, tendo uma dimensão social e individual em relação aos efeitos e transformações que pode produzir [STERNBERG & LUBART, 1999; TIBERGHIE et al, 2007]. Outros autores entendem a criatividade a partir de bases biológicas, principalmente através do estudo dos padrões de atividade cerebral de indivíduos realizando alguma atividade criativa [STERNBERG & LUBART, 1999].

Battro & Denham (2007) apontam para uma dinâmica extremamente complexa de funcionamento do cérebro. Esses mesmos autores, com base em outros estudos, afirmam ser inegável que o desenvolvimento do cérebro é fruto de um processo de desenvolvimento ocorrido ao longo da história do ser humano na Terra. No entanto, essa condição de possibilidade biológica não garante, por si só, as aprendizagens em função de sua característica sistêmica. Assim, se a criatividade for entendida como capacidade ou habilidade humana desenvolvida pela espécie, é preciso que ela também seja pensada no contexto dos sistemas do pensamento, ou, em outras palavras, no contexto da inteligência humana.

Piaget (1981) insere a discussão sobre a criatividade no contexto de suas pesquisas sobre o desenvolvimento da inteligência humana. Ao invés de apresentar a criatividade como simples surgimento da novidade, Piaget a posiciona como um problema psicológico e uma função da inteligência humana. Piaget (1985; 1995) também propõe que se pense a criatividade a partir do processo de abstração reflexiva ou reflexionante, a abstração extraída das coordenações das ações do sujeito e não simplesmente das propriedades dos objetos (abstração empírica). A abstração reflexiva envolve dois aspectos: o “reflexionamento”, que envolve a projeção a um nível superior o que foi retirado de um inferior (ex.: da ação à representação), e a “reflexão”, entendida como a reconstrução e reorganização num nível superior do que foi transferido do inferior. Em outras palavras, a abstração reflexionante é um processo que permite ao sujeito passar da simples constatação (por exemplo, de um fenômeno qualquer) à conceituação (razões pelas quais o fenômeno ocorreu).

Para Boden (1999), uma idéia originalmente radical, no sentido de nunca ter aparecido antes, precisa ser pensada a partir da idéia de *impossibilidade* em relação ao que ela define como *espaço conceitual*. Segundo a autora, um determinado conjunto de regras gerativas pode permitir a produção de infinitas composições – como no caso da própria linguagem ou da música. Para Boden, essas regras não seriam restritivas; ao contrário, tornam a criatividade possível. Assim, ela define a originalidade radical como uma idéia totalmente nova – não apenas improvável, mas impossível – que transforma e altera o que ela denomina de espaço conceitual. Essa idéia de transformação dos espaços conceituais de Boden se aproxima da idéia de Piaget em relação à abstração reflexionante. O principal ponto de concordância dos dois autores reside no fato de pensarem a criatividade a partir das abstrações, das regras ou leis que definem determinado campo conceitual. Dessa forma, pode-se afirmar que os processos criativos surgem numa tensão entre um determinado campo de possibilidades e a sua própria negação. Porém, essa negação não anula o sistema de regras anteriores, mas produz novas composições, conservando e subtraindo idéias na medida da necessidade de adaptação do sujeito à novidade.

Pelo que foi apresentado, compreender a atividade técnica como atividade simbólica confere um novo status ao saber técnico. No entanto, até o momento, a escola assimilou muito pouco dessa discussão e suas práticas não seguem o mesmo caminho das inovações na arte, na ciência e na tecnologia. Em decorrência disso, e de uma visão que não leva em consideração a dinâmica do processo científico, a escola se habituou a repetir regras e modelos, aplicar exercícios prontos e a desconsiderar os processos criativos. Que estratégias poderiam ser adotadas no sentido de instigar a escola para uma nova relação com o saber? O que seria necessário para promover o potencial criativo,

despertar o espírito inventivo e superar o simples uso de modelos com respostas prontas?

O presente estudo tem por objetivo discutir a robótica educacional como possibilidade para a transformação das práticas escolares no ensino fundamental. Para tanto, com base nas concepções educacionais e os pressupostos teóricos apresentados, desenvolveu um estudo empírico sobre a robótica educacional no contexto do Projeto-piloto “Um Computador por Aluno – UCA”, analisando a criatividade a partir do campo de possibilidades oferecido pelo contexto da escola e pela modelagem de protótipos.

2. Metodologia

2.1. Sujeitos

Participaram deste trabalho estudantes de uma escola estadual de ensino fundamental, na faixa etária dos 9 aos 12 anos. Na primeira fase do estudo participaram 3 turmas de aproximadamente 20 alunos cada, cursando a 3ª e a 4ª série do ensino fundamental; na segunda fase participou um grupo de aproximadamente 12 alunos de diferentes séries, sendo que 6 destes alunos participaram da primeira fase.

2.2. Instrumentos

Os materiais utilizados foram os conjuntos experimentais LEGO® Globot – oficialmente lançados em 30/06/08 sob o nome de WeDo™ – e o laptop XO da OLPC. As atividades (desafios, planos e estratégias) foram planejadas a partir das discussões com grupos de professores e a partir dos materiais impressos que acompanhavam o LEGO® Globot.

Características do Globot: o conjunto experimental Globot caracteriza-se basicamente por não possuir um microcontrolador como a maioria dos kits de robótica, mas sim um HUB (Figura 1-A) que conecta servo-motores e sensores à CPU do computador através de uma porta USB. Assim, todo o processamento das funções dos protótipos utiliza os recursos (memória e processador) do computador, de forma que os robôs precisam ficar sempre conectados à CPU.

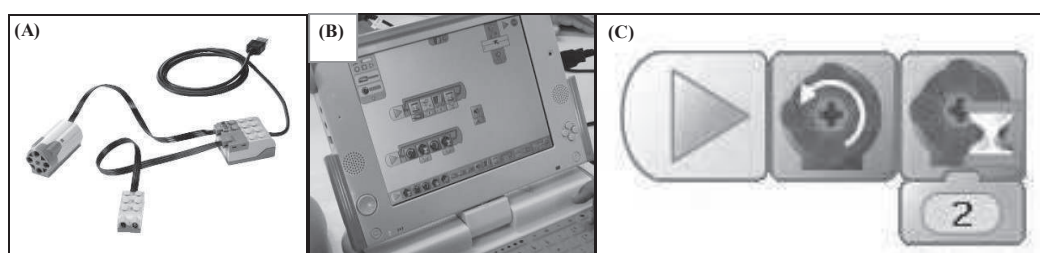


Figura 1: elementos do conjunto de robótica Globot – HUB, servo-motor e sensor de movimento, sua interface de programação no laptop XO e exemplo de programa simples

O conjunto ainda dispõe de uma quantidade de peças LEGO® como hastas, engrenagens, eixos, polias e conectores. Esta versão experimental ainda contava com um material impresso, que era o guia de montagem dos protótipos e o livro de atividades, que continha alguns desafios de projetos. Havia também um livro para os professores, com orientações em relação a como explorar os desafios com os alunos. O livro de

atividades continha os seguintes desafios: chutador, goleiro, torcida, veleiro, gigante e avião. O ambiente de programação possuía uma interface com vários ícones, cada um com uma função específica (ex.: “ligar motor”, “parar motor”, “loop”, “esperar por”, “sensores”). Para programar, bastava que os ícones fossem arrastados da barra de ferramentas para a tela e dispostos lado a lado, como na foto da Figura 1 ((B) e (C)). O ambiente de programação permitia construções do tipo LED (liga→espera→desliga), e o uso de condicionais era associado ao comando “esperar por”, representado por uma “ampulheta”. Assim, era possível programar a partir das seguintes condicionais: 1) esperar por um tempo determinado; 2) esperar até que o sensor detecte movimento ou presença; 3) esperar até que o sensor de equilíbrio esteja numa determinada posição; 4) esperar até que o microfone detecte uma determinada intensidade de som; e 5) esperar até que o contador esteja com um valor ‘x’. O HUB no qual eram conectados os sensores e servo-motores possuía apenas duas portas (Figura 1, (A)). Dessa forma, era possível combinar, sem utilizar motores, dois sensores ao mesmo tempo, mas apenas um sensor de cada vez se fosse usado um motor concomitantemente. Era possível ligar mais de um motor na mesma porta do HUB, no entanto não era possível controlá-los individualmente.

2.3. Procedimentos

Fase 1: o professor iniciava cada sessão indicando as duplas de alunos qual atividade do Globot seria realizada. A cada nova sessão, uma nova atividade era indicada, ou se propunha retomar a partir da etapa alcançada pelas duplas. As atividades consistiam em: leitura e discussão do problema proposto no Guia de Atividades, montagem do modelo e do programa proposto no manual, e observação do funcionamento do protótipo. Em algumas sessões, o professor propunha jogos (ex.: chute ao alvo) que utilizassem os modelos para explorar conceitos de sala de aula (ex.: média aritmética). Essa fase desenvolveu-se pelo período de 5 semanas, em sessões semanais de aproximadamente 2h30min para cada turma, totalizando aproximadamente 12h30min por turma.

Fase 2: foi oferecida uma oficina extracurricular para exploração espontânea e para o desenvolvimento de projetos temáticos de robótica. Nessa fase, os Ss reuniam-se em grupos por faixa etária e decidiam sobre o que gostariam de construir, sem a utilização dos modelos dos manuais. Após a escolha do projeto, realizavam pesquisa na internet sobre o assunto escolhido e iniciavam a construção de seus protótipos. Essa fase desenvolveu-se pelo período de 3 semanas, em 3 sessões semanais de aproximadamente 2h30min, totalizando aproximadamente 23h.

Para ambos os estudos, os dados foram registrados através da observação sistemática e das intervenções dos pesquisadores junto aos Ss com base no método clínico piagetiano. Basicamente, tais intervenções se davam a partir de questionamentos sobre como funcionavam os modelos construídos, principalmente solicitando aos Ss que explicassem as relações entre os movimentos dos protótipos e os programas que os controlavam. Para tanto, além de observar as condutas dos Ss, os pesquisadores solicitavam explicações antes, durante e após a construção dos mesmos. As sessões também foram registradas através de fotos e vídeos.

2.4. Categorias de análise

O quadro de referência teórica, como já foi apresentado, tem por base a Epistemologia Genética de Piaget e as idéias relativas a técnica e a criatividade. Desta forma, a criatividade foi investigada a partir das evidências de composições novas e generalizadoras apoiadas pelo plano das abstrações. Basicamente, as evidências tomam por base duas categorias de análise:

- a) Reflexionamento: transposição das descobertas a planos superiores (da ação a representação);
- b) Reflexão: reconstrução das descobertas sobre um novo patamar, acrescentando a isto, a compreensão das razões ocasionais e necessárias.

Assim, a criatividade foi estudada sob o ponto de vista psicológico, analisando as transformações operadas pelos sujeitos sobre os modelos de protótipos e de programas indicados nas revistas, a utilização parcial de elementos constitutivos destes modelos em outras construções, e as explicações dos sujeitos para o funcionamento dos mesmos.

3. Resultados e Discussão

Na primeira fase do projeto, quando os alunos montaram seus protótipos a partir do guia de atividades e de montagem, de maneira geral, não se verificou alterações nos modelos originais e nem na programação. Muitos encontraram dificuldade em estabelecer uma correspondência entre o modelo do livro e o que estavam construindo, principalmente em relação à posição de algumas peças. Enquanto montavam o modelo, questionados sobre como ele funcionaria, não sabiam explicar, indicando apenas o que o livro de atividades sugeria (“chutar”, “defender”). Assim, em muitos casos a montagem não saía perfeita e não conseguiam seguir para outras etapas da montagem. Quando isso acontecia, não sabiam explicar ou apontar o que dera errado, e somente seguiam adiante após a intervenção dos pesquisadores ou do professor. Os erros na montagem diminuíram somente após a segunda semana, quando melhoravam as coordenações diferenciando as propriedades da imagem do livro (2D) com a do modelo físico (3D). Após a montagem dos protótipos, que durava aproximadamente 1h20min, restava muito pouco tempo para exploração do modelo e do programa. Quando questionados sobre o funcionamento do programa que controlava o robô, não sabiam explicar para quê servia cada ícone (Figura 1, (C)). No entanto, após a sugestão dos pesquisadores de explorarem os elementos da programação isoladamente, executando um comando por vez, começaram a elaborar hipóteses sobre o funcionamento do programa que controlava o modelo.

Tais fatos reforçam a idéia de que, se os modelos montados do livro, tanto o protótipo quanto o programa, não forem explorados a partir de um questionamento próprio que oriente as ações dos sujeitos, os modelos acabam por serem tomados em bloco e as partes não têm função. Isso porque o objetivo que lhes orientava naquele momento era o de estabelecer uma correspondência por analogia entre as figuras do livro com as peças LEGO® e o programa do Globot – como um jogo de quebra-cabeças em 3D. Não havia nenhuma questão que ativasse outras condutas cognitivas, a não ser as da percepção. Como nenhum deles havia explorado o programa e nem a função de cada comando, não eram capazes de compreender o que se passava. Assim, o resultado era

sempre inesperado, um elemento surpresa, e os problemas durante a montagem não eram resolvidos através de hipóteses que estabelecessem relações de causa e efeito, mas sim através de regulações ocorridas na comparação das imagens do livro com a montada.

Porém, em alguns casos, foi possível evidenciar transformações no modelo original. No exemplo abaixo, através do uso de roldanas e elásticos, uma dupla de alunos transformou o modelo original do “avião”, acrescentando mais duas hélices (Figura 2).

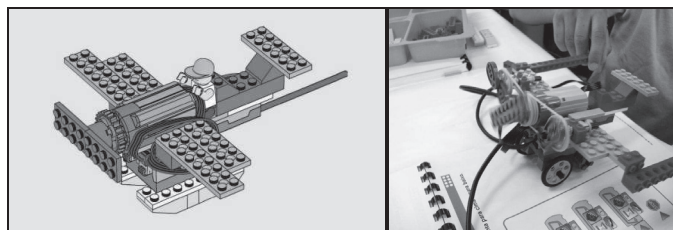


Figura 2: modelo original do avião proposto no guia de montagem e o modelo transformado, com três hélices e rodas

Na segunda fase do estudo, que ocorreu um mês após a fase anterior, esse mesmo aluno, que transformou o modelo do “avião”, utilizou-se do mesmo esquema de montagem (MOTOR+EIXO+POLIA → ELÁSTICO → POLIA+EIXO+HÉLICE) para construir um helicóptero (Figura 3). O aluno manifestou que queria construir o mesmo programa que controlava o “avião” utilizado na fase anterior. Ao invés de copiar o modelo de programa do livro, um dos pesquisadores entrevistou para que o aluno explorasse os comandos e tentasse construí-lo sem o livro. Um fato interessante ocorrido e que revela a apropriação por parte do aluno, foi que, na semana seguinte, em função de ter esquecido de gravar o programa, ele o reconstruiu sem a intervenção do pesquisador. Quando questionado sobre como ele havia construído o helicóptero, o aluno respondeu que “vinha de casa pensando e desenhando o helicóptero” (sic.).

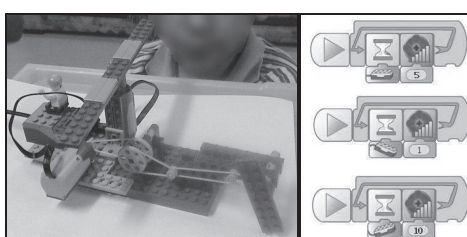


Figura 3: helicóptero construído sem manual e utilizando sistemas de transmissão direta e combinada, e o programa que controlava seu movimento

Muitos dos esquemas de montagem e controle dos modelos da primeira fase (atividades pré-determinadas) não foram trazidos para a construção dos modelos na segunda fase (exploração livre e temática). Para explicar tal fato, basta analisar que fatores estavam orientando as suas ações dos sujeitos para a realização das atividades. Na montagem do modelo do manual, as condutas estavam quase que exclusivamente sendo orientadas pela atividade perceptiva, procurando correspondências visuais entre o que era visto na imagem e o que estava sendo construído. As montagens limitavam-se a uma coordenação das diferenças entre as imagens, ficando totalmente atreladas às

abstrações do tipo empíricas. Dessa forma, tais imagens não foram “lembradas” um mês após, quando se iniciou a segunda fase. Porém, nos casos em que os elementos da montagem e da programação foram orientados com base na exploração e na reflexão – como no exemplo apresentado – tais elementos foram trazidos e adaptados à necessidade atual. Assim, o que garantiu as construções e modelagens criativas não foi a simples lembrança do modelo anterior, mas sim o reflexionamento, os sistemas de representação colocados em níveis superiores ao empírico, garantindo que tais sistemas se adequassem a necessidade atual de resolução do problema – evidência de processo criativo no sentido psicológico. Estes dois tipos de abstrações (empíricas e reflexivas) são intensamente observados nos projetos em RE. As etapas de design, montagem e testagem dos protótipos em vários momentos são sustentadas por abstrações empíricas, pois tomam como base os efeitos mecânicos dos movimentos dos robôs, bem sucedidos ou não. Observar e constatar, por exemplo, que um elástico ligado a polias pode transmitir o movimento de rotação do eixo do motor, é fruto deste tipo de abstração com base nas propriedades dos objetos. No entanto, a atividade reflexiva é que formaliza as regras que regulam a mecânica desse movimento, como as condições necessárias e as relações de causa e efeito para a produção do movimento. Em relação a isso, a atividade de programação, os comandos e condicionais do programa (se... então...) que controlam os robôs, exigem do sujeito ativar condutas superiores ao empírico, pois nesse tipo de atividade as representações das ações necessitam ser formalizadas. Assim, construir protótipos e programá-los sempre exige abstrações nos dois níveis; mas, enquanto a abstração empírica permanece localizada, presa a um contexto específico, a abstração reflexionante é capaz produzir novas formas generalizáveis de conhecimento. Neste sentido, a abstração reflexiva (ou reflexionante) é sempre ato criativo, pois é sempre reconstrução da realidade sob novas formas de pensar e representar o mundo.

Analisando as ações dos sujeitos nessas duas fases do estudo, foi possível constatar a insuficiência da utilização exclusiva de modelos na apropriação dos elementos técnicos envolvidos na modelagem dos protótipos. A questão do uso de modelos e de exemplos se refere muito mais a um problema pedagógico que propriamente de aprendizagem. As pedagogias acreditam em demasia no poder que possuem sobre o desenvolvimento do sujeito, porém o que se verifica é que o ser humano vem historicamente aprendendo e se desenvolvendo a revelia das pedagogias. As aprendizagens piagetianas [PAPERT, 1985], aquelas que acontecem sem a interferência do ensino formal (caminhar, falar, etc.), revelam essa independência do sujeito em relação às metodologias de ensino. Assim, se o uso ou não de modelos e exemplos contribui ou não para os processos criativos, é uma questão que irá depender quase que exclusivamente das condições do sujeito em relação ao entendimento que faz destes. O que se pode afirmar, a partir desse estudo, é que existem algumas condições para que o uso de modelos contribua para esses processos. Uma primeira condição seria a necessidade do sujeito. Existe uma questão ou problema que possa orientar suas condutas? O que ele procura? Para essa condição, o papel do design é importantíssimo, pois ao desenhar seu projeto, já cria as primeiras condições de possibilidade do surgimento dos “bugs”, podendo-se afirmar que não há possibilidade de processo criativo sem um problema. Nos casos apresentados, as mudanças mais significativas efetuadas nos modelos dos manuais aconteceram em função de um problema que passou a orientar as condutas dos sujeitos (como no caso do avião e do helicóptero – Figuras 2 e 3). O uso dos mesmos esquemas em outras situações comprova a apropriação dos

mesmos por parte dos sujeitos. Uma segunda condição seria a adequação do modelo ou exemplo. Essa adequação deve ser considerada em dois níveis: em relação ao problema e as possibilidades de entendimento do sujeito. A adequação ao problema é mais óbvia; não se apresentaria o modelo de uma ponte para o problema de fazer um carro andar. Já a adequação em relação ao sujeito não é tão simples de se resolver, pois precisa considerar o nível de complexidade do modelo e as possibilidades de entendimento do sujeito. Se só é possível saber se o modelo foi demasiado complexo a partir da própria interação do sujeito com o modelo, como determinar antecipadamente se o nível de complexidade é adequado? Esse problema está diretamente relacionado com uma terceira condição para o uso de modelos. Os modelos devem possibilitar a exploração por parte do sujeito, ou seja, não é suficiente apresentar a figura ou foto do modelo. Deve ser oportunizado que os sujeitos montem o protótipo-modelo e compreendam seu funcionamento, promovendo alteração das partes e adequações em função do objetivo do projeto inicial. Dessa forma, os próprios sujeitos deverão ser capazes de avaliar a adequação do modelo apresentado. Nesse caso, se for complexo demais para o sujeito e ele não for capaz de entendê-lo, será imediatamente descartado; sendo capaz de entendê-lo, poderá avaliar a pertinência para o seu projeto. Assim, a adequação quanto à complexidade deve ser atribuição do próprio sujeito, já que, antecipar precipitadamente se os sujeitos tem ou não condições de entender o modelo, pode levar a uma sub ou superestimação em relação aos mesmos.

Estudos anteriores indicam que, ao se apropriar de um modelo de construção, eles funcionam, inicialmente, como rotinas, passando a primitivas na aplicação em relação ao problema atual e, posteriormente, a procedimento generalizável quando aplicado a outras situações [LOPES & FAGUNDES, 2006]. O que garante esse processo são as abstrações reflexivas – deduções e inferências – pois proporcionam ao sujeito ultrapassar o nível da simples analogia figural – a correspondência entre as imagens – e os modelos analógicos deixam de funcionar como rotinas em blocos não componíveis, tornando-se adaptáveis a outras situações. Para tanto, é fundamental que os modelos possam ser explorados pelo sujeito, a fim de que possam servir para a abertura de novas possibilidades e favorecer os processos criativos.

Nas duas fases do projeto, com atividades e tempos pré-determinados e no contexto de oficina extra-curricular, foi possível perceber que a exploração dos materiais foi fundamental. Um dos princípios do Projeto UCA é exatamente possibilitar a imersão dos sujeitos envolvidos no contexto da atividade técnico-científica na metodologia 1:1. O projeto propõe que se estenda o entendimento acerca da atividade técnica para além de sua relação com o trabalho. O entendimento da atividade técnica como atividade simbólica imbricada com o processo de produção do saber, seria um dos caminhos no sentido de ressignificar o status da tecnologia na educação, redimensionando o seu papel em relação à aprendizagem. Do contrário, ao invés de favorecer os processos criativos, permanecerá como simples aplicação de modelos e de experiências sem levar em consideração a possibilidade de exploração e construção do conhecimento.

4. Referências

BATTRO & DENHAM (2007) “Hacia una inteligencia digital”, Academia Nacional de Educación, Buenos Aires, <http://www.byd.com.ar /InteligenciaDigital.pdf>.

-
- BAUMGARTEN, M. [org.] (2001). “A era do conhecimento: Matrix ou Agora?”, Ed. Universidade/UFRGS/Ed. UnB, Porto Alegre/Brasília.
- BODEN, M. A. [org.] (1999). “Dimensões da criatividade”, Editora Artes Médicas Sul Ltda., Porto Alegre.
- GIANNETTI, C. (2006). “Estética digital – sintopia da Arte, a Ciência e a Tecnologia”, C/Arte, Belo Horizonte.
- LEMOS, A. L. M. (1999). “Bodynet e netcyborgs: sociabilidade e novas tecnologias na cultura contemporânea.” In *Comunicação e Sociabilidade nas Culturas Contemporâneas*, Vozes, p. 9-26, Petrópolis, http://www.comunica.unisinos.br/tics/textos/1997/1997_al.pdf.
- LÉVY, P. (1993) “As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática”, Editora 34, Rio de Janeiro.
- LOPES, D. & FAGUNDES, L. (2006) “As Construções Microgenéticas e o Design em Robótica Educacional”, In *Revista Novas Tecnologias na Educação*, Vol. 4, nº 2. CINTED/UFRGS, Porto Alegre.
- NASCIMENTO, S. (2006). “Automatizações no inorgânico: aproximações ao estudo social de criaturas artificiais”, *Análise Social*, no.181, p.1033-1056, Lisboa, http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0003-25732006000400004&lng=es&nrm=iso.
- NERI, M. [coord.] (2007). “Equidade e eficiência na educação: motivações e metas”, Fundação Getúlio Vargas, http://www.fgv.br/cps/simulador/Site_CPS_Educacao/FGV_CPS_EquidadeEficiencia_EducacaoFIM6.pdf
- PAPERT, S. (1985). “Logo, computadores e educação”, Editora Brasiliense, São Paulo.
- PIAGET, J. (1981). “Criatividade”, In *Criatividade: Psicologia, Educação e Conhecimento do Novo*, pp. 11-20, Editora Moderna, 2001, São Paulo.
- PIAGET, J. et al. (1985) “O possível e o necessário: evolução dos possíveis na criança”, Vol. 1. Artes Médicas, Porto Alegre.
- PIAGET, J. (1995) “Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais”, Artes Médicas, Porto Alegre.
- RESNICK, M., BERG. R. & EISENBERG, M. (2000). “Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Investigation”. <http://makingsens.stanford.edu/pubs/BeyondBlackBoxes.pdf>.
- SAMPAIO, M. M. F. (2000). “Aceleração de estudos: uma intervenção pedagógica”. In *Em Aberto*, v. 17, n. 71, p. 57-73. MEC/INEP, Brasília, <http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/1075/977>.
- STERNBERG, R. J. & LUBART, T. I. (1999). “The Concept of Creativity: Porspects and Paradigms”, In *Handbook of Creativity*, Cambridge University Press, Cambridge.
- TIBERGHIE, G. et al (2007). “Dicionário de ciências cognitivas”. Edições 70, Lisboa.
- TMTh (2008). *Technology Museum Of Thessaloniki*. <http://www.tmth.edu.gr/en/aet.html>.