

Explorando as possibilidades do *Sphero* em um ambiente educacional

Bruna Z. Panaggio^{1,2}, Maria Cecília C. Baranauskas¹

¹ Instituto de Computação – Universidade de Campinas (Unicamp)
Av. Albert Einstein, 1251 – 13.083-852 – Campinas – SP – Brasil

² Instituto de Pesquisas Eldorado
Av. Alan Turing, 275 – 13.083-898 – Campinas – SP – Brasil

brunazp@gmail.com, cecilia@ic.unicamp.br

Abstract. *The tangible interfaces, when used to increment didactic activities, can assist the teaching-learning process. It is possible to use the Sphero, a device available in the market that has not been so explored on educational environment, as a tangible interface. In this paper, an exploratory study was conducted in a school to evaluate the possibilities of usage of this device in an educational context, aiming to understand if such activity could be fun and motivating for children.*

Resumo. *As interfaces tangíveis, quando usadas para incrementar atividades didáticas, podem auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. É possível utilizar o Sphero, um dispositivo disponível no mercado que ainda não foi tão explorado nos ambientes educacionais, como uma interface tangível. Neste trabalho, um estudo exploratório foi conduzido em uma unidade de ensino para avaliar as possibilidades do uso desse dispositivo no contexto da educação, visando entender se tal atividade pode ser divertida e motivadora para crianças.*

1. Introdução

A tecnologia computacional tem estado cada vez mais presente no dia a dia das crianças. Programas para computador, aplicativos para *smartphones* e *tablets* também aparecem nos ambientes de ensino, pelo potencial de melhorar a forma como as crianças aprendem [Roschelle et al. 2000]. Além disso, as tecnologias móveis geram oportunidades de aprendizado em ambientes não-formais, como nas casas, museus, locais de trabalho e em atividades ao ar livre [Sharples e Roschelle 2010].

Em novos cenários de uso de tecnologias contemporâneas, as interfaces tangíveis (TUIs – *Tangible User Interfaces*) possibilitam criar forma física à informação digital, embutindo tecnologia em artefatos físicos (objetos do dia a dia, por exemplo) gerando novas formas de interação [Ullmer e Ishii 2000]. As TUIs permitem que o usuário consiga interagir com informação digital através da manipulação de objetos físicos e do ambiente, ao invés de utilizar periféricos tradicionais como mouse, teclado e monitor [Ishii e Ullmer 1997]. Tais interfaces são capazes de promover um engajamento mais forte e de longa duração com um maior potencial para envolver as crianças e para promover a aprendizagem [Sylla et al. 2012]. Além disso, os ambientes de

aprendizagem tangíveis envolvem todos os sentidos e, assim, apoiam o desenvolvimento geral da criança [Shaer e Hornecker 2010]. Falcão e Gomes (2007) mostram que as TUIs podem auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, incrementando atividades didáticas.

Recentemente, novos dispositivos têm surgido no mercado, mas ainda são pouco explorados nos ambientes educacionais. O *Sphero* [Orbotix 2017] é um ‘brinquedo inteligente’, na forma de uma esfera robótica, capaz de se locomover em uma determinada velocidade, em uma certa direção, iluminar-se com várias cores, executar programas e ser controlado por dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, através da conexão Bluetooth. Possui sensores de acelerômetro e giroscópio embutidos, que possibilitam funcionalidades de detecção de colisão, percepção da manipulação por usuários e queda, podendo ser utilizado como um controle ou para monitorar movimentos realizados com a mão.

Há diversos aplicativos disponíveis no mercado para *smartphones* que são destinados para o uso do *Sphero*. O aplicativo de mesmo nome, *Sphero*¹, permite que o usuário controle os movimentos, a velocidade e a cor do *Sphero* através do *smartphone*. Já o aplicativo *Exile*² é um jogo ao estilo “arcade”, no qual o usuário utiliza o dispositivo como controle, manipulando o *Sphero* com uma mão para fazer uma nave se movimentar no *smartphone*. Nesse aplicativo, os movimentos para a direita e esquerda e para frente e para trás movimentam a nave, enquanto o movimento de rotação e de chacoalhar o *Sphero* causam danos às naves inimigas. Um terceiro exemplo é o aplicativo *SPRK Lightning Lab for Sphero*³, que permite que o usuário crie programas com blocos para movimentar o *Sphero*.

Em uma exploração preliminar desse dispositivo com especialistas em IHC (Interação Humano Computador), observou-se que, apesar do divertimento dos pesquisadores, houve certa dificuldade por parte dos sujeitos ao realizar atividades simples utilizando o *Sphero*, como por exemplo, fazê-lo percorrer um quadrado no chão. Essa experiência de dificuldade de uso com jovens adultos, levou-nos a questionar sobre a possibilidade de uso do dispositivo em contexto educacional com crianças.

Portanto, buscamos verificar o potencial de uso do *Sphero* em ambientes educacionais. Para tal, neste trabalho discutimos resultados de um estudo experimental conduzido em uma unidade de ensino visando entender se crianças em idade escolar conseguem controlar o dispositivo e se tal tarefa pode resultar em um estado afetivo positivo.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta trabalhos relacionados a este estudo; a seção 3 descreve o estudo de caso realizado, os sujeitos participantes, o método e a dinâmica empregada. Na seção 4 apresentamos os resultados obtidos e discutimos aspectos relevantes da análise. A seção 5 apresenta considerações finais e próximos passos da pesquisa.

¹ <https://play.google.com/store/apps/details?id=orbotix.sphero>. Acesso em abril de 2017.

² <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.orbotix.exile>. Acesso em abril de 2017.

³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sphero.sprk>. Acesso em abril de 2017.

2. Cenários Educativos e Interação Tangível

As TUIs, por seus benefícios educacionais, têm sido utilizadas para construir ambientes de aprendizagem, explorando diferentes tecnologias e constituindo diferentes cenários.

A Programação Tangível é especialmente adequada para introduzir as crianças na programação por tornar os conceitos de programação mais acessíveis [Xu 2005], facilitando a compreensão de sintaxes mais complicadas, bem como promovem a colaboração entre as crianças [Horn et al. 2009], mantendo um ambiente positivo para a aprendizagem. O **TaPrEC** (*Tangible Programming Environment for Children*) [Carbajal e Baranauskas 2015] é um ambiente de programação tangível e de baixo custo proposto para trabalhar o pensamento algorítmico de uma forma lúdica com crianças, através da construção de programas computacionais a partir da montagem de blocos de madeira com etiquetas RFID (*Radio-Frequency IDentification*). A execução do programa tangível é feita no contexto de programação Scratch, um ambiente de programação criado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). O sistema, composto pelos blocos de madeira, um computador de baixo custo, um leitor de RFID e um monitor, foi utilizado em um contexto escolar para ensinar conceitos básicos de programação, como sequência, repetição e procedimentos.

Sánchez et al. (2011) utilizam a tecnologia NFC (*Near Field Communication*) com o objetivo de aprimorar a experiência de crianças no aprendizado de linguagens, em atividade que envolvem leitura e vocabulário. No sistema **Touch&Learn**, etiquetas NFC, que podem ser acessadas utilizando um *smartphone* munido dessa tecnologia, são coladas à objetos que estão disponíveis no ambiente da criança. As etiquetas, contém informações sobre os objetos, como, por exemplo, o nome daquele objeto em diferentes idiomas. Em um dos cenários descritos pelo trabalho, o aplicativo apresenta para a criança o nome de um objeto, através da palavra escrita na tela e de um áudio, e a ela deve encostar o *smartphone* no objeto correto para acertar. Em outro cenário, a criança pode descobrir os nomes dos objetos ao aproxima-los do *smartphone*.

Easigami [Huang et al. 2009] é uma TUI destinada a ajudar crianças a aprender a dobrar formas geométricas em 3D e explorar transformações de 2D para 3D. O ambiente é composto por diversos tipos de polígonos produzidos com papelão, como triângulos, quadrados, pentágonos e hexágonos, que podem ser conectados por dobradiças instrumentadas para perceber o ângulo formado. Além dos polígonos, o ambiente é também composto por um software executado no computador, que mostra a representação gráfica (forma virtual) dos polígonos conectados (forma física).

Por ser um objeto manipulável e controlável, o *Sphero* também pode ser considerado uma TUI. Mesmo sendo um dispositivo com recursos interessantes disponíveis, os relatos de trabalhos na literatura acadêmica utilizando a esfera robótica são escassos. Entretanto, ele tem sido aplicado em diferentes áreas, como por exemplo, saúde, exibição e para o ensino de programação.

Na área da saúde, o **ExerGames** [Santos et al. 2015] utiliza a bola robótica como um dos sensores em um sistema que promove a reabilitação para idosos e vítimas de acidente vascular cerebral através de jogos. O sistema foi construído de forma a acomodar novas tecnologias e sensores e novos jogos de forma fácil: nesse contexto, existe nesse sistema uma separação clara entre a camada de nível mais alto (os jogos) e

a camada mais baixa (os sensores e a comunicação). No formato de jogos interativos para engajar e motivar seus usuários, o ExerGames tem exercícios para melhorar os movimentos dos membros superiores e para melhorar o equilíbrio, flexibilidade, mobilidade e tempo de reação. As informações geradas pelos sensores disponíveis no *Sphero* são utilizadas para rastrear os movimentos das mãos do usuário em um dos jogos.

Na área de exibição, o **SonicExploratorium** [Gonzalez et al. 2014] foi uma exibição interativa que combinava sons, cores e movimento, e que permitiu que os visitantes utilizassem o *Sphero* como forma de controlar o curso das atividades. Os participantes da exposição puderam utilizar duas bolas robóticas para interagir com combinações de 4 controles de áudio diferentes, sendo que os valores dos controles de áudio foram mapeados, através de cores nos *Spheros*. O uso das bolas robóticas, ao invés de computadores tradicionais para o controle do áudio, permitiu que os visitantes se movimentassem livremente e que eles pudessem aproveitar a experiência sozinho, ou em dupla, de modo que cada participante pudesse controlar alguns dos parâmetros de áudio.

O uso do *Sphero* também aparece em ambientes de programação: o projeto **Spherly** [Trower e Gray 2015] é um ambiente de programação visual para construir programas através de “blocos” virtuais, que podem ser organizados sequencialmente e que controlam o *Sphero*. O ambiente é composto por dois elementos: uma aplicação web, que pode ser iniciada por um navegador de Internet e um servidor que é executado no computador, e que se comunica com o *Sphero* através do Bluetooth. Já o projeto **CodeSnaps** [Sabourin et al. 2016] promove um ambiente de programação tangível, no qual as crianças podem escrever programas para movimentar o *Sphero* com blocos de papel. Depois que o programa é construído, ele pode ser escaneado utilizando a câmera de um dispositivo móvel. O dispositivo móvel fica responsável por se comunicar com o *Sphero* através de uma conexão Bluetooth. Em ambos os sistemas, o *Sphero* realiza os comandos passados, movimentando-se.

3. Estudo de Caso

As subseções a seguir descrevem os principais aspectos do estudo de caso realizado para explorar as possibilidades do uso do *Sphero* no ambiente escolar.

O objetivo do estudo de caso foi verificar se crianças em idade escolar conseguiriam controlar os movimentos do ‘brinquedo inteligente’ *Sphero* utilizando um aplicativo para *smartphone* e se tal atividade seria motivadora e divertida.

3.1. Sujeitos e Método

O estudo de caso foi realizado no PRODECAD (Programa de Desenvolvimento e Integração da Criança e do Adolescente) um espaço que oferece educação complementar a crianças de 4 a 14 anos em contraturno ao ensino regular; é localizado dentro do campus da Unicamp, onde a pesquisa está sendo desenvolvida e os pais das crianças trabalham. Participaram do estudo 19 alunos dessa instituição, entre 6 e 10 anos, sendo

11 meninos e 8 meninas. As atividades foram realizadas em formato de Oficina⁴, em um espaço físico de 'ateliê'. As crianças foram agrupadas em duas equipes, sendo que cada criança realizou a operação do dispositivo uma vez, como parte de um jogo entre as equipes.

Depois de concluída a Oficina, as crianças responderam um questionário e realizaram uma autoavaliação de emoções utilizando como instrumento o *Self Assessment Manikin* (SAM) [Bradley e Lang 1994]. O SAM é uma ferramenta que possibilita avaliar a resposta afetiva, baseado no modelo PAD (*Pleasure, Arousal, Dominance*), dimensões necessárias para uma descrição adequada da experiência emocional (Russell e Mehrabian 1977). Consiste em uma representação pictográfica na qual cada criança pôde registrar a sua satisfação, motivação e controle em relação ao sistema que estava sendo utilizado. Para cada uma das três dimensões do SAM, a escala de respostas varia entre 1 e 9, onde 1 representa o nível mais baixo (da satisfação, motivação ou controle) e 9 representa o nível mais alto.

A análise do estudo contou com dados provenientes das respostas abertas dadas para o questionário, das respostas ao formulário sobre o estado afetivo, e a transcrição de gravação (a Oficina foi gravada em vídeo).

3.2. Material, Cenário e Dinâmica da Oficina

A atividade principal desse estudo de caso consistiu em controlar os movimentos do 'brinquedo inteligente' *Sphero*, percorrendo um cenário montado no chão do ateliê, utilizando um aplicativo para *smartphone*. A atividade foi realizada no formato de um jogo em que os participantes competiam como em uma gincana em duas equipes.

Para que as crianças pudessem se habituar com a dinâmica do jogo e com os controles para movimentar o *Sphero*, os pesquisadores realizaram um pequeno exercício antes do início da atividade, utilizando uma cópia impressa da tela do *smartphone* (Figura 1) e simulando movimentos que poderiam ser realizados com o dispositivo. Além disso, as regras sobre a pontuação foram explicadas para as crianças.

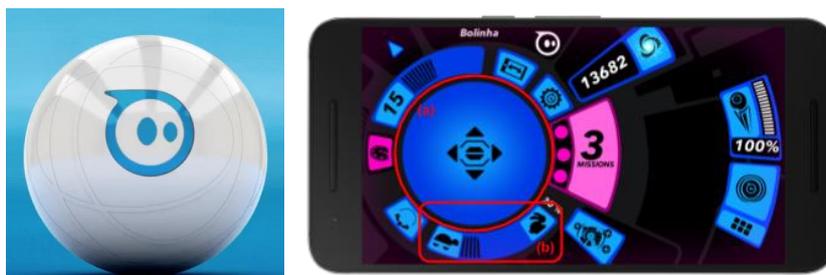


Figura 1. À esquerda, o *Sphero* (Fonte: <http://www.sphero.com/sphero>); à direita, a tela (Fonte: captura de tela dos autores) utilizada pelos pesquisadores para explicar quais elementos poderiam ser utilizados pelas crianças: (a) controle de movimento; (b) controle de velocidade.

No jogo, sete personagens e objetos da obra *Alice no País das Maravilhas* [Carroll 1865], narrativa que os alunos estavam trabalhando em outras atividades, foram

⁴ Projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unicamp, sob número 32213314.8.0000.5404.

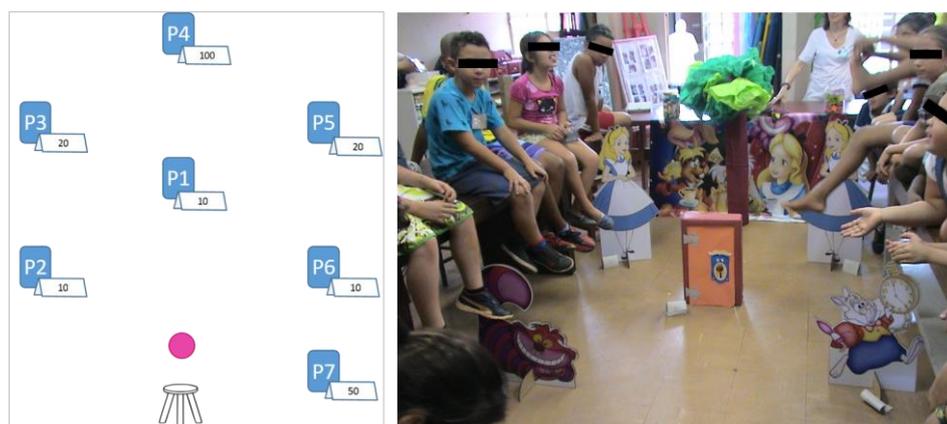


Figura 2. À esquerda, o esquema de como os personagens são distribuídos na sala e a pontuação associada; à direita personagens dispostos na sala com as crianças. Fonte: dos autores.

posicionados no chão da sala, e as crianças deveriam utilizar os controles disponíveis no aplicativo para mover o *Sphero* até um dos personagens. A Figura 2 mostra em detalhes como os personagens foram dispostos no ambiente, bem como a pontuação associada a cada um deles. O banco na Figura 2 indica a posição no ambiente, de onde a criança controlava o trajeto do *Sphero*.

Antes de iniciar a jogada, o jogador deveria anunciar em voz alta para qual personagem gostaria de conduzir o *Sphero*. Quando o jogador conseguia levar o *Sphero* até o personagem escolhido, era somado no placar da equipe o valor referente àquele personagem (as próprias crianças gerenciavam o placar, em uma lousa). Caso o *Sphero* batesse em algum outro personagem durante o percurso, os pontos referentes àquele personagem eram descontados do placar da equipe.

Para tornar a atividade mais imersiva, ocultamos a tecnologia do *Sphero* revestindo-o com um estojo de isopor redondo. Ainda sob a temática “Alice no País das Maravilhas”, o estojo foi confeccionado para que remetesse à um dos personagens, o Gato de Cheshire (Figura 3).



Figura 3. Estojo utilizado para vestir o *Sphero*. Fonte: dos autores.

4. Resultados

As subseções a seguir descrevem os resultados obtidos em relação ao controle sobre o dispositivo e à experiência afetiva e motivacional das crianças.

4.1. Sobre aspectos de controle do dispositivo

Todos os 19 jogadores puderam realizar suas jogadas em aproximadamente 30 minutos, de modo, que em média, cada jogador utilizou 1,5 minutos para realizar sua jogada, isto é, conduzir o Gato do ponto de partida ao personagem escolhido.

Foi possível observar que poucos erros foram cometidos; erro aqui é entendido como um choque inadvertido do Gato em um personagem diferente do escolhido. Como a criança anunciava em voz alta para qual personagem iria dirigir o Gato, caso acertasse outro, os pontos eram subtraídos da sua equipe. Na Figura 4 podemos observar que apenas 7 erros foram cometidos em 19 tentativas.



Figura 4. À esquerda, uma criança movendo o Gato até um personagem. À direita, a pontuação das equipes durante a Oficina. Fonte: dos autores.

Outra peculiaridade observada foi que grande parte das crianças escolheu o personagem cuja pontuação associada era 100, a maior entre as disponíveis, e que também era a de maior dificuldade. Por ser o personagem posicionado mais distante do ponto inicial do jogo, exigia que a movimentação do *Sphero* para alcançar tal personagem sem encostar em qualquer outro fosse maior e com mais obstáculos, exigindo maior habilidade em seu controle.

4.2. Sobre aspectos afetivos e motivacionais

Os formulários de emoções (SAM) preenchidos pelas crianças foram analisados e se observaram os resultados exibidos na Figura 5. Observamos que a satisfação e a motivação tiveram a avaliação máxima pela maior parte dos alunos, indicando que a maior parte das crianças teve muita satisfação e estavam muito motivadas durante a atividade. Já em relação ao controle, que indica o domínio do participante em relação ao sistema, uma parcela menor de alunos deu a avaliação máxima para esse quesito, embora ainda um valor alto, dado que 14 de 19 crianças atribuíram o valor máximo.

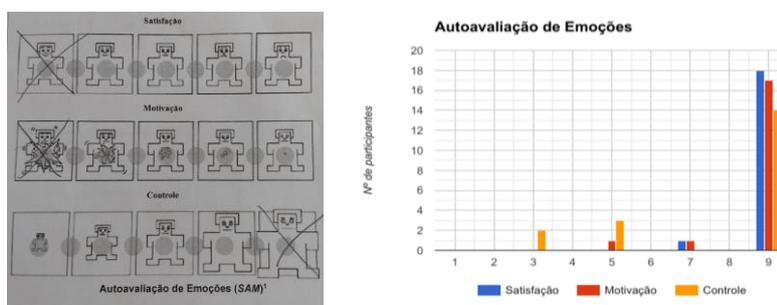


Figura 5. À esquerda, o SAM preenchido por um dos participantes; à direita, o resultado da avaliação em relação à Satisfação, Motivação e Controle. Fonte: dos autores.

Em contrapartida, quando analisamos os resultados gerados pelos questionários preenchidos pelas crianças, exibidos na Figura 6, observamos que apenas uma criança avaliou que controlar o *Sphero* foi “Difícil”, enquanto que a maior parte avaliou como “Muito Fácil” ou “Fácil”. Isso sugere que a maior variação do Controle pode não ter sido devida à dificuldade de controlar o *Sphero*, mas sim ao formato proposto para a atividade, que foi o de um jogo. Duas respostas dadas por dois dos sujeitos participantes evidenciam essa questão. Quando perguntado sobre “O que menos gostou em relação à Oficina?” o sujeito A, de 8 anos, respondeu “Fiquei com medo de perder.”, enquanto que o sujeito B, de 10 anos, quando perguntado sobre “O que menos gostou sobre o Gato/Bola?” respondeu: “De esperar [a sua vez]”. Portanto, o formato da atividade pode ter influenciado a avaliação das crianças.

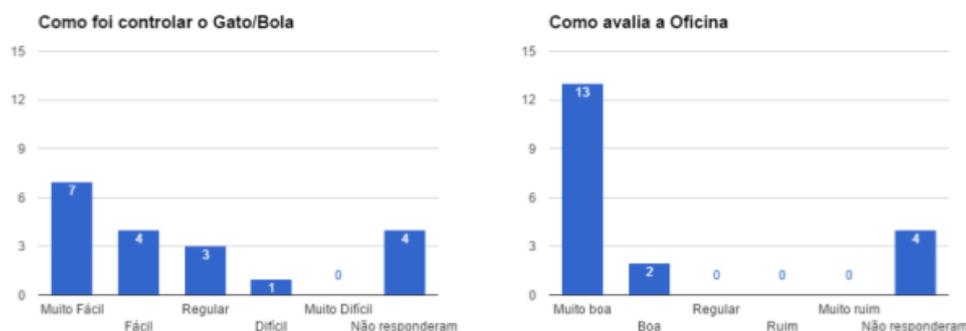


Figura 6. Gráficos para as perguntas: à esquerda, “Como foi controlar o Gato/Bola” e à direita “Como avalia a Oficina”. Fonte: dos autores.

Na Figura 6 também é possível observar que a maior parte dos alunos avaliaram a Oficina como “Muito boa” ou “Boa”, sugerindo que eles gostaram da atividade proposta e do sistema utilizado. Respostas dadas por participantes colaboram para essa conclusão: Quando perguntado sobre “O que mais gostou na Oficina?”, o participante C, de 9 anos, respondeu: “Foi muito divertida!”, enquanto que o participante D, de 10 anos, sugeriu “Fazer mais vezes” quando perguntado sobre “Sugestões sobre a Oficina”.

Durante a Oficina foi possível observar que as crianças estavam muito motivadas, torcendo para os demais colegas de equipe e que eram capazes de controlar o *Sphero* utilizando o aplicativo para *smartphone* com muita destreza.

4.3. Discussão

De modo geral, as crianças apresentaram uma reação afetiva muito positiva, apresentando sinais de divertimento e alegria. Além disso, sentiram-se “donos” da dinâmica empregada, gerenciando eles próprios a pontuação, controlando quem seria o próximo membro do time a realizar a jogada, e planejando qual personagem iam tentar acertar para conseguir mais pontos. Além disso, elas se adaptaram muito facilmente ao novo dispositivo, e conseguiram controlar o dispositivo com uma destreza muito superior à apresentada pelos jovens adultos na observação exploratória anterior ao estudo.

Pode-se observar que as crianças utilizaram somente o controle de movimento para mover o *Sphero*, sem utilizar o controle de velocidade para fazer com que o dispositivo se movimentasse mais rapidamente ou lentamente. Dado que o controle de

velocidade fica logo abaixo do controle de movimento (ver Figura 1b), algumas crianças o apertavam ‘sem querer’ e não compreendiam a alteração na resposta do dispositivo.

Esse resultado sugere que o design de interface de usuário desses aplicativos poderia se beneficiar do envolvimento de crianças em seu design (por ex. com práticas de Design Participativo). Esse envolvimento poderá ser ainda mais relevante se tal dispositivo for pensado para uso no contexto educacional.

5. Considerações Finais

Já não se depende dos dispositivos de teclado, mouse e monitor para interação em cenários construídos com tecnologias computacionais contemporâneas. Este trabalho buscou investigar respostas de crianças em seu espaço escolar para a ubiquidade da computação, em estudo que investiga sobre o uso da bola robótica *Sphero*, controlada a partir de um aplicativo no celular.

Os resultados alcançados deste estudo encorajaram outras etapas da pesquisa. Está em andamento um trabalho que integra o *Sphero* a um ambiente para programação tangível, de modo que a programação e a execução dos programas criados são ambos no mundo físico; isto é, não dependem de interfaces gráficas para visualização do resultado. Outra frente da pesquisa envolve o design de aplicativos que utilizem o *Sphero* em atividades educacionais conduzidas pelas professoras. O design está sendo conduzido com a participação das professoras da unidade de ensino onde esse estudo foi realizado e protótipos estão sendo desenvolvidos para a validação com as crianças.

Agradecimentos

Este trabalho teve apoio do GGBS, Grupo Gestor de Benefícios Sociais da Unicamp. Agradecemos também a professores e alunos do PRODECAD.

Referências

- Bradley, M. M. e Lang, P. J. (1994) “Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential”. In *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25 (1), 49-59.
- Carbajal, M. L. e Baranauskas, M. C. C. (2015) “TaPrEC: Desenvolvendo um ambiente de programação tangível de baixo custo para crianças”. In *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*.
- Carroll, L. (1865) “Alice's Adventures in Wonderland”. MacMillan.
- Falcão, T. P. e Gomes, A. S. (2007) “Interfaces Tangíveis para a Educação”. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 579-589.
- Gonzalez, B., Adams, A. T. e Latulipe, C. (2014) “SonicExploratorium: an interactive exhibit of sonic discovery”. In *CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '14)*. ACM, New York, NY, USA, 395-398.
- Horn, M. S., Solovey, E. T., Crouser, R. J. e Jacob, R. J. (2009) “Comparing the use of tangible and graphical programming interfaces for informal science education”. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Boston, USA, April 04-09, 2009)*. CHI '09. ACM, New York, NY, 975-984.

- Huang, Y., Gross, M. D., Do, E. Y. e Eisenberg, M. (2009) “Easigami: a reconfigurable folded-sheet TUI”. In Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI '09). ACM, New York, NY, USA, 107-112.
- Ishii, H. e Ullmer, B. (1997) “Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms”. In Proc. SIGCHI Conference on Human factors in computing systems. ACM, 234-241.
- Orbotix (2017). “Sphero” <http://www.sphero.com/> Abril 2017.
- Roschelle, J. M., Pea, R. D., Hoadley, C. M., Gordin, D. N. e Means, B. M. (2000) “Changing How and What Children Learn in School with Computer-Based Technologies”. *The Future of Children* 10, no. 2 (2000): 76-101.
- Russell, J. A. e Mehrabian, A. (1977) “Evidence for a three-factor theory of emotions”. *Journal of research in Personality*, 11(3), 273-294.
- Sabourin, J., Kosturko, L. e McQuiggan, S. (2016) “CodeSnaps: Block-Based Robotic Programming for the Low-Budget Classroom”. In Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education (SIGCSE '16). ACM, New York, NY, USA, 242-242.
- Sánchez, I., Cortés, M., Riekkki, J. e Oja. M. (2011) “NFC-based interactive learning environments for children”. In Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children (IDC '11). ACM, New York, NY, USA, 205-208.
- Santos, A., Guimarães, V., Matos, N., Cevada, J., Ferreira, C. e Sousa, I. (2015) “Multi-sensor exercise-based interactive games for fall prevention and rehabilitation”. In Proceedings of the 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth '15). Brussels, Belgium, 65-71.
- Shaer, O. e Hornecker, E. (2010) “Tangible user interfaces: past, present, and future directions”. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, v. 3, n. 12, p. 1-137.
- Sharples, M. e Roschelle, J. (2010) “Guest editorial: Special section on mobile and ubiquitous technologies for learning”. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 3, n. 1, p. 4-6.
- Sylla, C., Branco, P., Coutinho, C. e Coquet, E. (2012) “TUIs vs. GUIs: comparing the learning potential with preschoolers”. *Personal and Ubiquitous Computing*, Springer, 421-432
- Trower, J. e Gray, J. (2015) “Blockly Language Creation and Applications: Visual Programming for Media Computation and Bluetooth Robotics Control”. In Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '15). ACM, New York, NY, USA, 5-5.
- Ullmer, B. e Ishii, H. (2000) “Emerging frameworks for tangible user interfaces”. *IBM Syst. J.* 39, 3-4 (July 2000), 915-931.
- Xu, D. (2005) “Tangible user interface for children — an overview”. In Sixth Conference in the Department of Computing University of Central Lancashire, Preston, UK.