

ADA-TOPOBO: Um Ambiente Dual de Aprendizagem Utilizando Kits Educacionais

Fernanda P. Mota¹, Iverton Santos², Vagner da Rosa¹³, Marcos Amaral², Silvia S.C.Botelho¹²³

¹ Programa de Pós-graduação em Engenharia de Computação; ² Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional; ³ Centro de Ciências Computacionais - Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Av. Itália km 8 – Campus Carreiros – 96.201-900 – Rio Grande – RS – Brasil

{nandapm2010, iverton.santos, vsrosa,marcosamaralrg}@gmail.com,
silviacb@furg.br

Abstract: *The present work aims to provide a computational system that allows the representation of robots of Topobo kit virtually in a Dual Reality fashion. The goal is to provide a way so that the movements associated with the virtual robot can be mapped into a corresponding physical and vice versa. This system also allows the computational representation of elements such as connections, sensing and actuation kit.*

Resumo: *O presente trabalho visa disponibilizar um sistema computacional, o qual permite a representação virtual de robôs do kit Topobo em Realidade Dual. O objetivo é proporcionar o mapeamento dos movimentos associados ao robô simulado para um correspondente físico e vice-versa. Tal sistema possibilita ainda a representação computacional de elementos como as conexões, sensoriamento e acionamento do kit.*

1. Introdução

A partir da década de 70, avanços nas áreas de computação gráfica e simulação de sistemas vem permitindo o desenvolvimento de ambientes virtuais. Dentre as áreas de estudo associadas às interfaces para mundos virtuais, este trabalho focaliza-se na Realidade Virtual (RV). Oriunda inicialmente da Computação Gráfica, a RV congrega tecnologias de interface avançada entre um usuário e um sistema computacional, buscando recriar ao máximo a sensação de realidade para um indivíduo, levando-o a adotar esta interação como uma de suas realidades temporais [Sabbadini, et. al., 2006].

Por sua vez, a computação Ubíqua e a Pervasiva congregam novas formas de interação usuário/computador, onde o computador é integrado ao dia-a-dia da sociedade em "qualquer momento" e em "qualquer lugar". A Computação Ubíqua contempla um modelo de computação, no qual o processamento está distribuído por todo o ambiente através de diversos dispositivos heterogêneos [Costa, Yamin and Geyer, 2008].

Mais recentemente, um novo conceito, integrando a realidade virtual e a computação ubíqua surge na literatura, sendo denominada de "Realidade Dual". A mesma é o resultado de uma troca de informações entre o mundo real e o virtual por meio de redes de sensores e atuadores. Segundo Lifton, Paradiso e Joseph [2007], os dois mundos são enriquecidos por sua habilidade de reflexão mútua e convergência de um mundo em outro, embora eles sejam completos.

Neste contexto, os mundos duais são uma interessante forma de contribuição no que se refere ao desenvolvimento de ambientes virtuais direcionados ao auxílio na aprendizagem. Esta é a principal motivação deste trabalho, que utiliza como ferramenta de aprendizagem física o *kit* comercial de robótica educacional Topobo¹[Raffle, et. al., 2004].

O Topobo é um *kit* de montagem robotizada semelhante ao Lego [Wienczek 1987] e Zoob [Raffle, 2011], o qual inclui componentes ativos (peças motorizadas) e passivos (peças estáticas) desenvolvidos para incentivar as crianças a elaborarem seus próprios brinquedos. O mesmo se destaca dos demais [Wienczek, Henry 1987] [Santin, Mateus; et. AL 2011] por apresentar memória cinética nos seus dispositivos ativos.

Segundo Raffle, Hayes [2003], tecnologias como o Topobo podem ser utilizadas para aplicar os conceitos de robótica na educação e torná-los menos cansativos aos alunos, fazendo com que o ensino/aprendizagem tenha um âmbito mais prático e interativo.

O objetivo deste trabalho é a concepção de um **Ambiente Dual de Aprendizagem (ADA)**, o qual é um ambiente de Realidade Dual com base no *kit* Topobo para a utilização dos conceitos duais em ambientes de aprendizagem. Isso torna possível a integração de ambientes virtuais de aprendizado com elementos reais, de forma que o aluno possa interagir com os diferentes meios através de um sistema de fácil usabilidade e compreensão.

Nas próximas seções são abordados mais detalhes no que se refere a esta proposta. Este trabalho está organizado da seguinte forma: A seção 2 descreve os elementos principais do *kit* Topobo; a seção 3 descreve os módulos que foram desenvolvidos para a implementação da proposta; a seção 4 descreve os benefícios e limitações dos recursos. Por fim, a seção 5 descreve as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Topobo

O *kit* Topobo foi um trabalho de doutorado de Parkes [2004], sendo desenvolvido para a Robótica Educacional que pode ser utilizado por crianças de sete a treze anos de idade.

Em um estudo de caso, o *kit* Topobo foi utilizado em um projeto de interação docente na Universidade Católica do Chile que visa capacitar professores em todo o país, de forma a disponibilizar ferramentas e conhecimentos, para que estes possam ser utilizados em escolas de forma que os alunos aprendam e desenvolvam suas habilidades. Um dos trabalhos realizados neste projeto foi o uso do *kit* na pré-escola do colégio Altamira no Chile em 2010, onde a ideia principal é integrar o material com algumas das classes de tecnologia do primeiro ano, possibilitando o desenvolvimento das habilidades das crianças para resolução de problemas e compreensão em sequências de ações e padrões [Colégio Altamira 2012].

2.1 Aspectos Arquiteturais

Em relação aos aspectos arquiteturais, o *kit* Topobo é composto de peças de montagem (classificadas como peças passivas), e de sensores e motores para acionamento (classificados como peças ativas).

¹Disponível em: www.topobo.com.

2.1.1 Peças Ativas

As peças ativas, demonstradas na Figura 1, possuem memória cinética que possibilita a gravação e repetição de movimentos realizados pelo usuário. Assim, esta característica permite além da concepção de estruturas, a possibilidade dos aprendizes “programarem com as mãos” os movimentos de suas montagens.

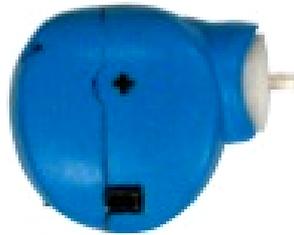


Figura 1: Peça ativa com memória cinética do *kit* Topobo, esta figura foi adaptada de [Raffle and Parkes(2004)].

Fundamentalmente o *kit* possui três tipos de motores: **Motor “rainha”**, o qual possui memória cinética e quando ligado a outros motores simples permite a replicação de seus movimentos (Figura 2); **Motor comum** que possui movimento independente, mas que quando está conectado à rainha repete seus movimentos; e **Motores com o firmware modificado** (Figura 3) que transmitem as informações dos outros motores para o computador.

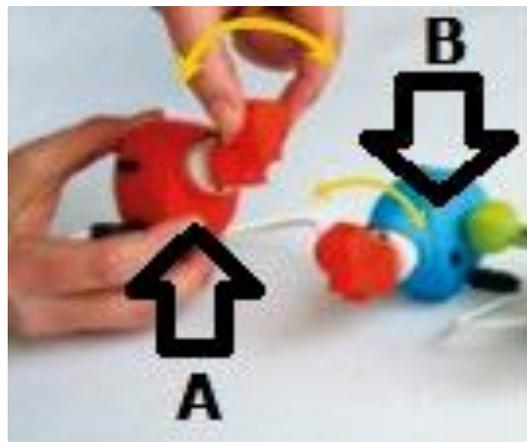


Figura 2: Em “A” está representado o motor rainha. Em “B” está representado os motores comuns, esta figura foi adaptada de [Raffle and Parkes(2004)].



Figura 3: Motor com firmware modificado.

Em especial o motor com firmware modificado² é responsável pela troca de informações entre o computador e o motor rainha, e estando ligado ao computador, transmite a este os dados por meio de uma conexão serial;

Outro tipo de comunicação possível, demonstrada na Figura 4, é realizada por meio de uma rede de computadores, de forma que nela cada computador poderia ter um *kit* Topobo conectado. Assim, através do uso do protocolo *multicast* podem-se enviar informações produzidas em um robô Topobo para todos os computadores que estiverem ligados nesta mesma rede. Nesta comunicação os motores são definidos como “mestre” e escravos, ou seja, os motores “escravos” irão repetir os movimentos que o motor “mestre” realizar.

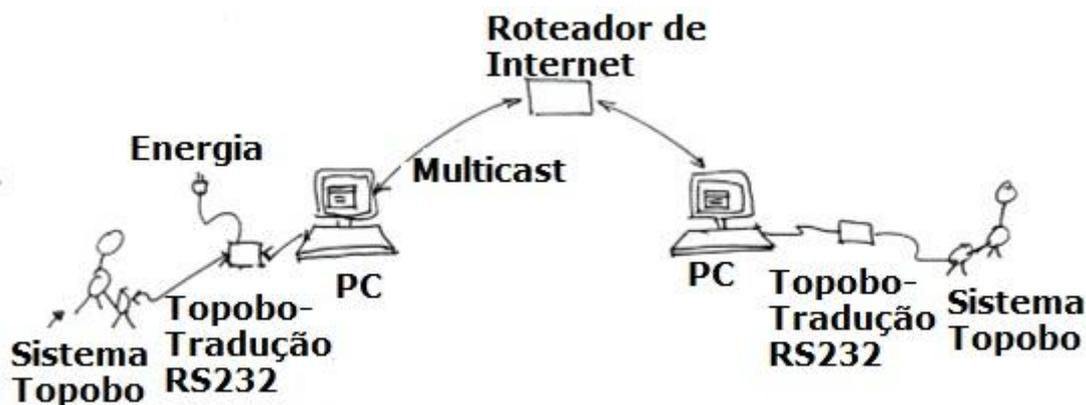


Figura 4: Comunicação em rede que pode ser feita pelo Topobo, adaptada de Raffle, Wang and Seada [2011].

2.1.2 Peças Passivas

Por sua vez, conforme Figura 5, as peças passivas (que não possuem atuadores - motores) são de nove tipos e permitem a construção de vários objetos, com diferentes ângulos entre suas patas, possibilitando construir diferentes criaturas quadrúpedes ou bípedes.

² Disponível em <http://secure.topobo.com/>

System Design

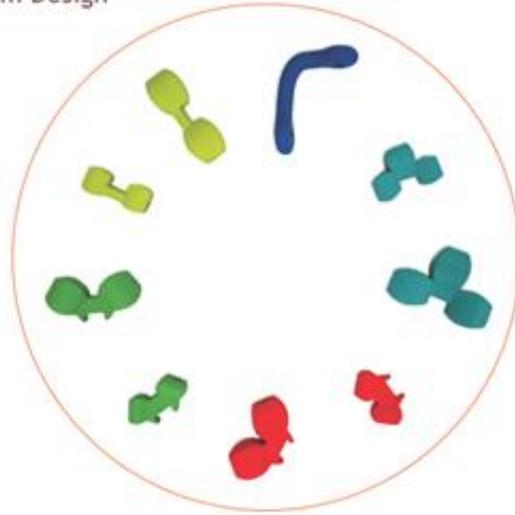


Figura 5: Peças passivas do *kit* Topobo, adaptada de Raffle and Parkes [2004].

3. ADA: Um Ambiente Dual de Aprendizagem Utilizando o Topobo

Nesta seção serão apresentados os elementos que constituem a principal contribuição deste trabalho que é o Ambiente Dual de Aprendizado (ADA). Este tem por objetivo possibilitar o auxílio pedagógico em diversas atividades de aprendizado motor e intelectual. Através deste, os movimentos realizados no mundo real podem ser replicados no mundo virtual e vice-versa, conforme Figura 6. Este ambiente também possibilita o estudo de lógica de programação, por meio da manipulação dos componentes simulados do Topobo e de sua representação virtual. Para isto, a presente proposta explora as potencialidades do *Kit* Topobo como uma ferramenta pedagógica e um dispositivo de passagem entre mundos duais.

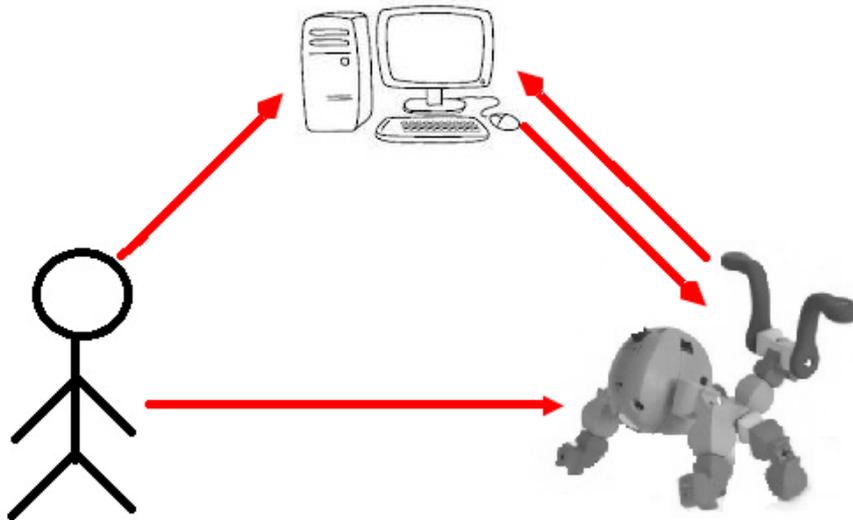


Figura 6: Ambiente Dual de Aprendizagem, demonstração da interação entre o Topobo real e sua interface virtual.

3.1 ADA-Biblioteca: Componentes Computacionais de Elementos Reais

A biblioteca de componentes ADA-Biblioteca visa modelar computacionalmente a representação gráfica da estrutura, bem como das funcionalidades e conexões de cada um dos componentes do *kit* Topobo. Deste modo, as peças foram construídas a partir das primitivas em 3D, demonstradas na Figura 7, sendo representadas por um conjunto de elementos principais que são constituídos de vértices e arestas. No que se refere especificamente à edição 3D dos elementos utilizou-se o *software* Blender, o qual é um programa de computador de código aberto, desenvolvido pela Blender Foundation, para modelagem, animação, texturização, composição, renderização, edição de vídeo e criação de aplicações interativas em 3D, tais como jogos, apresentações e outros, através de seu motor de jogo integrado, o Blender *Game Engine* [Blender, 2011].

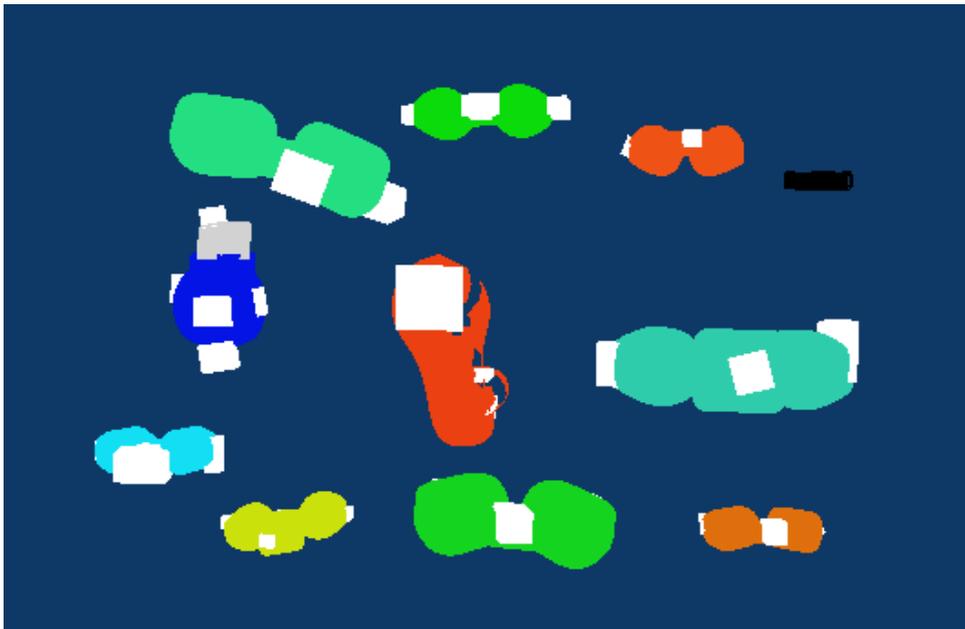


Figura 7: Demonstração das peças em 3D do *kit* Topobo.

4. Resultados da Implementação

A interface ADA, representada na figura 6, é o elemento crucial da arquitetura proposta, de modo que concentra as abstrações necessárias para a interação usuário-máquina. A mesma foi desenvolvida a partir de três módulos principais: Módulo de Componentes, Módulo de Visualização e Módulo Cross. A seguir são descritas as características e resultados de cada módulo.

- **Módulo de componentes:** consiste na programação em linguagem Python do comportamento inerente ao processamento computacional das possibilidades de interação com cada uma das peças do *kit*, por exemplo, movimentos de rotação, translação, e as diversas conexões possíveis entre as peças. Python é a linguagem de programação utilizada pelo *software* Blender, tendo como principais características uma sintaxe clara e concisa, que favorece a legibilidade do código fonte, tornando a linguagem mais produtiva. A linguagem inclui diversas estruturas de alto nível (listas, dicionários, e outras). Possui ainda recursos encontrados em outras linguagens modernas, tais como: geradores, introspecção, persistência, metaclasses e unidades de teste. Também é

Multiparadigma, ou seja, a linguagem suporta programação modular e funcional, além da orientação a objetos [Borges, Luiz E. 2010].

- **Módulo de manipulação:** este módulo tem por objetivo concentrar em uma representação gráfica a metáfora de utilização de controles remotos, como por exemplo, de televisores (Figura 8). Deste modo, o manuseio das peças fica centralizado em operações de clique sobre os botões destes controles, representando respectivamente as possibilidades de movimento das peças passivas e ativas. Os controles são de dois tipos: o primeiro para os motores, conforme Figura 9, e o segundo para as demais peças, conforme Figura 10.



Figura 8: Módulo de Manipulação



Figura 9: Controle responsável pela gravação e execução do movimento dos Motores.

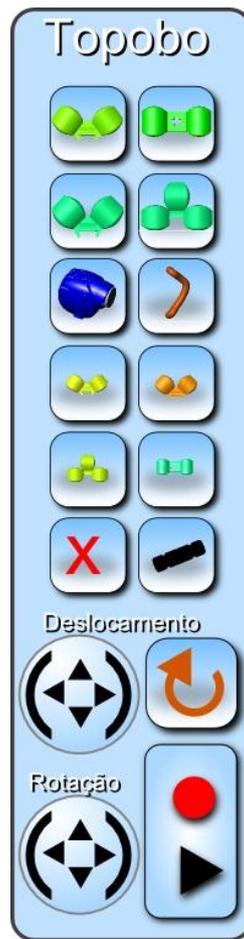


Figura 10: Controle responsável pela translação, rotação e posicionamento de todas as peças.

- **Módulo Cross:** responsável por transmitir as informações entre os ambientes real/virtual. Tal processo é estabelecido por meio da obtenção, pela linguagem Java³, dos sinais emitidos pelo motor físico ao movimentá-lo, e após, gravação dos mesmos em um arquivo texto, utilizando um protocolo que indica cada movimento. Deste modo, os dados que foram gravados podem ser acessados e enviados para o motor virtual. O mesmo ocorre com o motor virtual, o qual grava os movimentos que o usuário está fazendo nos controles do módulo de manipulação e é lido pelo motor real para que ele possa simular estes movimentos. Assim, a comunicação é feita, por meio de um serial gateway que permite a transmissão dos dados do motor para o computador (Figura 11).

³ Disponível em: www.java.com/pt_BR/



Figura 11: Comunicação entre o computador e o motor rainha por meio do serial gateway.

A seguir, um exemplo de saída gerada das primitivas do protocolo, pode-se analisar os itens que começam com "0xd" (mensagens enviada pela rainha), o próximo valor indica a posição do motor. Por exemplo, a entrada **0xd0x130x1** ([0xd] [0x13] [0x1]) esta é uma mensagem de posição "rainha" [0xd] com o valor [0x13] (valor de rotação do motor que varia de 0 a 255) e viajou 1 byte na rede [0x1] a partir do nó "rainha" para o computador.

```
rx: 0x240x1
rx: 0x210x10xc0x00x550x7f0x1
rx: 0xd0x130x1
rx: 0xd0x130x10xd0x120x1
rx: 0xd0x110x10xd0x100x1
rx: 0xd0x100x1
rx: 0xd0x100x10xd0x100x1
rx: 0xd0x100x1
rx: 0xd0x100x10xd0x110x1
rx: 0xd0x100x10xff0x00x800xd0x100x1
rx: 0xd0x100x1
rx: 0xd0x100x10xd0x110x1
rx: 0xd0x110x1
rx: 0xd0x100x10xd0x100x1
rx: 0xd0x100x1
rx: 0xd0x100x10xd0x100x1
rx: 0xd0x110x10xd0x100x1
rx: 0xd0x100x1
rx: 0xd0x100x10xd0x110x1
rx: 0xd0x100x1
rx: 0xd0x110x10xd0x110x1
rx: 0xd0x110x10xd0x110x1
rx: 0xd0x140x1
rx: 0x2e0x10xd0x180x10xd0x1d0x1
rx: 0xd0x230x1
```

Figura 12: Resultado do trecho do código lido de um motor ativo.

Os códigos Java que foram utilizados neste módulo são adaptações do trabalho desenvolvido em [Raffle, Hayes, et. al. (2011)].

5. Considerações Finais

As principais vantagens que pode-se citar em relação aos recursos oferecidos pelo Ambiente Dual de Aprendizagem proposto neste trabalho, são as seguintes vantagens: **ambiente educativo**, ou seja, o usuário pode utilizar o ambiente para analisar de uma forma prática os exercícios lógicos de manipulação manual apresentados em uma sala de aula; multiplataforma, devido a isso, o ambiente pode ser executado em qualquer sistema operacional; interface virtual, a qual permite ao usuário construir, por *software*, os mesmos objetos que são construídos com o *kit* Topobo; interação entre o Topobo real e a Interface Virtual, possibilitando assim, a comunicação entre as pessoas que tem sua representação real e as que não têm acesso a ela. Assim, mesmo que o usuário não tenha como comprar um *kit* Topobo real, este poderá interagir de forma virtual (Módulo de Interface) com os que possuem o Topobo real; usabilidade, ou seja, os botões são auto-explicativos, assim o usuário não precisa disponibilizar muito tempo para aprender a utilizar a ferramenta.

Apesar de apresentar um grande conjunto de vantagens, o Ambiente Dual de Aprendizagem apresenta as seguintes limitações em sua concepção atual: número limitado de motores que podem ser inseridos no ambiente. Os usuários só poderão inserir seis motores, destes um é a rainha, três ativos comuns e dois motores serial gateway e troca de informações por meio de arquivos texto. Isto impossibilita a troca de informações em tempo real.

As principais contribuições deste trabalho foram criar a virtualização das peças reais do *kit* Topobo e concepção de um mecanismo de a interação entre as peças virtuais com as reais por meio da gravação dos movimentos dos motores (ADA-Topobo). Com isso, torna-se possível que a realização de movimentos feitos por um motor pudessem ser repetidas por outro, de modo que os mesmos são capazes de participar de um conceito chamado Realidade Dual.

Ainda, como continuidade do trabalho, considera-se também realizar um estudo para que as trocas de informações entre o Topobo real e o virtual ocorram por outro método, superando a atual limitação existente na concepção atual onde a comunicação ocorre através de arquivos de posição. Também, pretende-se viabilizar que mais motores possam ser adicionados a interface em tempo de execução. Outra contribuição poderia ser utilizar este trabalho como uma alternativa de auxílio em tratamento de pessoas com dificuldades motoras.

Por fim, trabalhos podem ser realizados no que se refere a desenvolver experiências práticas em um cenário educacional de uma escola de ensino fundamental e avaliar o *feedback* do mesmo.

6. Referências

- Blender, (2011). Blender o que é? Disponível em: http://www.oficinadanet.com.br/artigo/criacao_3d/blender_o_que_e. Acesso em 10 de dezembro de 2011.
- Borges, Luiz E(2010). Python para desenvolvedores, 2º edição. Edição do autor, Rio de Janeiro.
- Colégio Altamira (2012), Despertando la creatividad con Topobo. Acessado em: <http://www.colegioaltamira.cl/content/view/922498/Altamiran-s-primer-s-chilen-s-en-usar-TOPOBO.html>
- Costa, C. A., Yamin, A. C. and Geyer, C. F. R. (2008). Toward a General *Software Infrastructure* for Ubiquitous Computing. *IEEE Pervasive Computing*, Los Alamitos, CA, USA, v.7, n.1, p.64–73.
- Lin, James and Landay, James (2008). Employing Patterns and Layers for Early-Stage Design and Prototyping of Cross-Device User Interfaces, *Proceedings Activity Based Prototyping and Software*. Florence, Italy.
- Lifton, Joshua and Paradiso, Joseph (2007). *Dual Reality: Merging the Real and Virtual*. MIT Media Lab.
- Parkes, Amanda (2004). *Topobo: A Gestural Design Tools with Kinetic Memory*. MIT Media Lab.
- Raffle, Hayes (2011). *Kinesthetic: Media, Touch, Toys and Interactive Materials*. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=117930>, December.
- Raffle, Hayes and Parkes, Amanda(2004). *Topobo: A 3D constructive assembly system with kinetic memory*. Tangible Media Group MIT Media Lab.
- Raffle, Hayes, Wang, Ruibing and Seada, Karim(2011). *Communiclay: A Modular System for Tangible Telekinetic Communication*. ACM.
- Raffle, Hayes and Garcia, Cristobal(2003). *Topobo for Tangible Learning*.
- Russo, Mario (2006). *Polygonal Modeling: basic and advanced techniques*. 1ª ed. Texas: Wordware Publishing, Inc.
- Sabbadini, Francisco; Oliveira, Mário J. F. d. *Simulação interativa visual: uma ferramenta para tomada de decisão*, III SEGeT –Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia , Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil,2006.
- Wienczek, Henry (1987). *The World of Lego Toys*. Publisher H.N. Abrams, year .
- Santin,Mateus; Botelho,Silvia e Mota, Fernanda(2011). *TOPOBO: Uma nova ferramenta pedagógica para a experimentação*, Sintec