

INTERFACES HÁPTICAS

Dispositivos não convencionais de interação

Alexandra Cristina Moreira Gaetano

Laboratório de Pesquisa em Arte e Realidade Virtual – IdA- UnB

RESUMO:

Este texto trata das possibilidades de interação humano-máquinas por meio do uso de interfaces hápticas. Faz-se um histórico dos dispositivos de interação a partir de Douglas Engelbart, inventor do mouse, rumo ao novo paradigma da interação humano-máquina. Abordam-se dispositivos não convencionais desenvolvidos a partir do Wii, bem como dispositivos ainda não comercializáveis como a interface háptica por levitação magnética e a "interface cérebro-máquina". São apresentadas as perspectivas de interação das novas interfaces hápticas e suas possibilidades de aplicação em gamearte e realidade virtual e aumentada.

PALAVRAS-CHAVE: *interface, dispositivos, hápticos, interação*

O estudo para desenvolvimento de interfaces hápticas representa a busca por dispositivos que permitam uma interação com os sistemas virtuais de modo sensorialmente similar às interações presentes no mundo físico. Eliane Mauerberg-deCastro (2004) afirma que o sistema háptico está relacionado com a percepção de textura, movimento e forças através da coordenação de esforços dos receptores do tato, visão, audição e propriocepção, assim, “a função háptica depende da exploração ativa do ambiente, seja este estável ou em movimento”. Perceber os ambientes virtuais por meio de um sistema háptico é o objetivo destas interfaces.

Segundo Christopher M. Smith (1997), háptico é o estudo de como combinar os sentidos humanos com a sensação de contato com um mundo gerado por computador. Os dispositivos convencionais de interação homem-máquina não fornecem ao interator *feedback* de força, ou mesmo *feedback* de tato. A pesquisa com dispositivos hápticos visa resolver a falta de estímulo para o sentido de tato na interação homem-máquina, ao investir no aumento da interatividade e em tornar esta interação mais intuitiva e natural.

Para se discorrer sobre as interfaces hápticas que hoje levam o homem a vislumbrar novas possibilidades de interação humano-máquina, faz-se

necessário um breve percurso histórico pelos dispositivos conhecidos de interação. O estudo histórico é o ponto de partida para a nova geração de dispositivos que permitem diferentes formas de interação, modificando a relação que o homem estabelece com o ambiente virtual.

Pesquisas são realizadas para desenvolvimento de interfaces hápticas e novos dispositivos surgem a partir de conceitos mais abrangentes da interação homem-máquina. Muitas interfaces pesquisadas terão aplicações bastante específicas em áreas como a medicina, a engenharia, ou a arqueologia, porém algumas chegarão ao mercado e serão exploradas pelos artistas que trabalham e desenvolvem pesquisa em arte e tecnologia. Estas interfaces hápticas, que já são a revolução pelo que representam em possibilidades interativas, ganham, então, novas contextualizações.

Pela velocidade e intensidade com que pesquisas em dispositivos hápticos têm sido realizadas, em breve o interator poderá se livrar do *mouse*, teclado e *joystick*, basta esperar por uma "interface cérebro-máquina". Vislumbra-se um futuro no qual os limites entre o real e o virtual serão cada vez menos rígidos e definidos, em função da potencialização das interações, e o limite destes dispositivos de interação talvez se encontre apenas na mente humana.

1. Do *mouse* ao *joystick* – Dispositivos tradicionais de interação

A invenção do *mouse* por Douglas Engelbart, em 1968, é um marco nas pesquisas de dispositivos de interação homem-máquina. Este primeiro dispositivo, **XY Position Indicator For a Display System**, consistia numa caixa de madeira com um cabo e um único botão. Construído artesanalmente, esse dispositivo tinha praticamente a mesma função dos *mouses*¹ atuais. Como os computadores da época eram incapazes de processar recursos gráficos avançados e trabalhavam basicamente com texto, o dispositivo mostrou-se pouco prático e sua utilização inexpressiva. Foram precisos quase 20 anos para que Engelbart pudesse ver o mouse ser combinado com uma

¹ *Mouse* é um dispositivo que se comunica com o computador para mover na tela um cursor, que serve para manipular e mover determinados recursos exibidos.

interface gráfica inovadora², repercutindo positivamente entre os usuários do computador.

Encontram-se no mercado tipos de *mouse* com funcionamentos diferenciados, sendo os mais usados os *mouses* com esfera e *mouses* ópticos e sua variação, os *mouses* a laser. O *mouse* é um dispositivo que se comunica com o computador para mover na tela um cursor, que serve para manipular e mover determinados recursos exibidos. A diferenciação entre os tipos disponíveis se dá pelas técnicas que permitem a movimentação do cursor e os cliques. Porém, cada vez mais comuns são os *mouses* sem fio, ou *mouses wireless*, que são dispositivos que utilizam tecnologias de rádio-freqüência para transmitir os dados do mouse para o computador, enquanto a tecnologia de captação de movimentos é óptica, seja LED ou laser.

O *mouse* sem fio foi a interface háptica escolhida pela artista Tânia Fraga para que o intérprete pudesse interagir, em tempo real, com o espaço cênico constituído por ciber cenários³ desenvolvidos pela artista. *Aurora 2001 – Fogo no Céu*, com coreografia de Maida Withers, foi o primeiro ciber cenário construído para uma apresentação de dança. Em *Fertilidade: Duas Estações*, com coreografia de Andréa Fraga, a *performer* grávida interage com os ciber cenários por meio do *mouse* sem fio. Em *Hekuras, Karuanas e Kurupiras* (2002), Tânia Fraga lança um novo olhar sobre a Amazônica. Durante o espetáculo, cada *performer*, manipulando um *mouse* sem fio, dá movimento aos nichos virtuais que constituem os ciber cenários e realiza escolhas que compõem uma cena única, que não se repete em outras apresentações (FRAGA, 2004).

Mas se a invenção do *mouse* já foi direcionada para seu uso como dispositivo computacional, o mesmo não se pode dizer do *joystick*, que originalmente foi desenvolvido como controle de aeronaves e elevadores. As principais alterações voltadas para uma melhor aplicabilidade dos dispositivos aos jogos eletrônicos foram realizadas por Nolan Bushnell, em 1977⁴. Inicialmente com apenas um botão e oito direções do manche jogava-se vários

² Lançamento do Macintosh pela Apple, em 1984.

³ “Ciber cenários são compostos por ciber mundos e ciber seres os quais são objetos 3D sintéticos criados através das linguagens VRML (Virtual Reality Modeling Language), Java e JavaScript” (FRAGA, 2004, p. 116)

⁴ Lançamento do controle do Atari 2600.

jogos. O aperfeiçoamento desta interface acompanhou a complexidade dos jogos. Assim, jogos mais complexos exigem maior número de botões e funções, bem como um formato mais anatômico e maior mobilidade dos controles analógicos presentes no *joystick*.

Passadas pouco mais de duas décadas, desde a popularização do *joystick*, o dispositivo passa a incluir dois manches a serem manipulados com os polegares, além de tremer em situações mais intensas de ação⁵. Os desenvolvedores de consoles passam a buscar por interfaces capazes de darem maior sensibilidade ao usuário, garantindo uma maior imersão do jogador no ambiente do jogo.

2. Wii – A revolução no modo de jogar

Com o lançamento da plataforma Wii, em 2006, a Nintendo revolucionou não apenas o mercado dos games, mas especialmente a forma de jogar.

O *Wii-remote*, ou simplesmente *Wiimote*, possui uma interface intuitivamente simples e natural, tornando mais fácil a tarefa de jogar. Basta mover o *Wiimote* conforme o movimento que se espera do avatar no jogo. O controle opera no espaço 3D, como um mouse aéreo. Utiliza a tecnologia sem fio para comunicar ao console os dados de sua posição no espaço tridimensional, bem como ângulos de inclinação e aceleração dos movimentos capturados por meio de um giroscópio e detecção de luzes infravermelhas, pelo sistema de captura de imagens posicionado na parte frontal do *Wiimote*. O dispositivo tem um sistema de vibração e um pequeno alto-falante que emitirá sons mais simples e próximos, como o bater da espada ou o som de um tiro, e uma bateria de 6Kb. O movimento do dispositivo de interação coloca o jogador literalmente em ação, e garante a participação no ambiente virtual do jogo.

YoungHyun Chung⁶ desenvolveu o projeto *Digital Wheel Art* após interagir com as crianças que sofrem de paralisia cerebral e que a princípio estariam incapacitadas de se expressarem artisticamente em função de suas limitações físicas. Neste projeto, Chung criou um programa de pintura digital que traça o percurso da *Wiimote*, a partir das idéias desenvolvidas por Johnny Lee no *whiteboard*. O dispositivo foi associado a uma cadeira de rodas,

⁵ Playstation 2, Sony, 2000.

⁶ Interactive Telecommunications Program at Tisch School of the Arts, New York University

permitindo às pessoas com deficiência pintar digitalmente com simples movimentos. Para alterar as cores, o usuário tem apenas a inclinação da sua cabeça. O *Digital Wheel Art* permite que os desenhos finais sejam salvos, bem como o processo dinâmico das pincelas digitais, auxiliando no entendimento dos momentos criativos de seus usuários.

Numa abordagem mais lúdica, tem-se o *WiiSpray*, desenvolvido como projeto de graduação de Martin Lihs e Frank Matuse⁷, simula uma lata de *spray* e permite ao usuário grafitar em ambiente virtual. A idéia básica era a de construir uma interface que fosse semelhante ao instrumento analógico existente. A utilização de *WiiSpray* é semelhante à do *spray*, mas sem as cores e os cheiros tóxicos; é intuitiva, basta pulverizar. *WiiSpray* é baseado em *Adobe Flash*, um *WiiFlashServer* e do *Wii mote*. Os desenhos, grafitis, ou mesmo pichações virtuais feitas com o dispositivo podem ser salvos, assim que concluídos e carregados em um ambiente virtual.

No gamearte *Fluidos*⁸ (2006/2007), Suzete Venturelli e Mario Maciel buscam apresentar como o ato simples de fazer visível o invisível pode produzir efeitos importantes na compreensão do mundo que nos cerca, assim como na relação estreita que estabelecemos com as coisas naturais e com o ambiente construído ocupado. A proposta artística é mergulhar nas formas intangíveis, à medida que lida com o lado humano visceral de se surpreender por estímulos visuais relacionando a conexão estabelecida com ondas de forças de energia, que habitam os espaços ocupados, mas que não podem ser visualizadas. O *Wii mote* é o dispositivo para a interação do público, que possibilita uma interação maior, simples e natural. As informações de coordenadas calculadas juntamente com o estado dos botões (pressionado ou não) são transmitidas para o computador através de uma conexão bluetooth possibilitando controle do software. A interação computador-*Wii mote* recorre ao *sensor bar*⁹, que deve ficar abaixo da tela do computador, e que tem como função emitir luz infravermelho constantemente. Ao movimentar o dispositivo, o jogador altera formas e cores, estabelecendo diferentes dinâmicas e

⁷ Universidade Bauhaus Weimarvon

⁸ Trabalho coordenado por Mario Maciel e Suzete Venturelli. Desenvolvido por Johnny Souza da ciência da computação e Ronaldo Ribeiro de artes visuais, Laboratório de pesquisa em arte e realidade virtual da UnB.

⁹ dispositivo formado por 4 LED's infra-vermelho alimentados em 5v por uma porta USB.

construindo imagens interativas na tela. As imagens não se repetem, tornando possível a cada usuário ter uma experiência sensorial diferente.

3. Interface Háptica de Levitação Magnética

Os dispositivos hápticos disponíveis baseiam-se em estruturas mecânicas, utilizando motores e rolamentos para fornecer a sensação do toque e do *feedback* de força. Segundo Peter J. Berkelman and Ralph L. Hollis¹⁰, o uso da levitação magnética para dispositivos hápticos difere da acionada por cabos ou engrenagens e torna preciso e suave os movimentos. Além disso, fornece aos usuários uma sensação de toque capaz de transmitir até mesmo a textura do objeto virtual tocado.

O primeiro protótipo da interface háptica foi produzido em 1997. Desde então, pesquisas são realizadas para melhoria de desempenho e dos aspectos ergonômicos, bem como para redução do custo de produção. Nesta fase do projeto, dez dispositivos inteiramente funcionais foram montados e distribuídos entre pesquisadores de interfaces hápticas de instituições nos EUA e Canadá¹¹. Para isto a *Carnegie Mellon* se juntou às Universidades americanas de *Harvard*, *Stanford*, *Purdue*, *Cornell* e à canadense *Columbia Britânica* para formar o *Magnetic Levitation Haptic Consortium* (Consórcio de Levitação Magnética Háptica), uma instituição internacional dedicada a incentivar e disseminar o uso desta tecnologia.

A interface háptica por levitação magnética substitui as conexões rígidas, composta por cabos e outros aparatos mecânicos por uma única parte móvel, sustentada por campos magnéticos, desta forma eliminando todo o "ruído" do atrito criado pelos aparelhos tradicionais. A base do dispositivo contém um conjunto de ímãs permanentes em formato hemisférico. A parte flutuante consiste numa meia-esfera com seis bobinas metálicas embaixo e um *joystick*, na parte superior. Quando a corrente elétrica passa por estas bobinas, o campo magnético faz com que a meia-esfera flutue e possa ser manuseada suavemente. O *joystick* é manuseado de maneira similar ao mouse, só que em

¹⁰ cientistas da universidade norte-americana Carnegie Mellon

¹¹ Peter Berkelman (Hawaii), Mark Dzmura, Ian Friedman, Rob Howe (Harvard), John Hollerbach (Utah), Ralph Hollis, Keetak Hong, Doug James, Oussama Khatib (Stanford), Roberta Klatzky, Joey Liang, Dan O'Halloran, Jim Osborn, Dinesh Pai (Rutgers), Matt Pucevich, Tim Salcudean (UBC), Hong Tan (Purdue), Bert Unger, and Vinithra Varadharajan.

três dimensões, com seis graus de liberdade. Sensores ópticos medem a posição e a orientação da seção flutuante, usando estas informações para controlar a posição e a orientação de um objeto virtual na tela do computador.

A dinâmica tridimensional do *joystick* permite ao usuário sentir o movimento, a forma, a resistência, e a textura da superfície dos objetos virtuais. Desta forma, quando o objeto virtual encontra outras superfícies e objetos, os sinais correspondentes são enviados de volta para a bobinas elétricas da parte flutuante do dispositivo, resultando em um *feedback* háptico para o usuário.

A interface de levitação magnética permite ao usuário mover o cursor para qualquer ponto dentro do ambiente virtual tridimensional, e interagir com os objetos deste ambiente ao tocá-los. A interação depende das características atribuídas a estes objetos ou superfícies, tais como textura, posição ou peso. Baseado nestas características, os campos magnéticos aplicados ao dispositivo variam, resultando na aplicação de forças ao joystick, que fará com que o usuário “sinta” o esforço necessário para provocar o deslocamento dos objetos na tela. Assim, Benito Piropo (2008) aponta algumas possibilidades de interação. Num ambiente virtual¹² constituído por um cubo de ferro, outro de madeira e uma esfera, todos em repouso sobre uma superfície horizontal de feltro limitada por quatro paredes verticais de madeira, o usuário pode mover o cursor até que ele “toque” um dos três objetos e forçá-lo contra o objeto para tentar “empurrar” este objeto na direção de uma das paredes. A reação percebida no *joystick* dependerá do material do qual é constituído o cubo, bem como da intensidade do atrito provocado entre o objeto e o piso. Já a esfera será deslocada rapidamente para frente, fazendo com que o usuário sinta apenas por um momento a reação no *joystick*, reação que desaparece quando a esfera começa a “rolar” para adiante. E, em todos os casos, quando um dos objetos ou o próprio cursor tocar uma das paredes laterais, a força de reação será tão grande que o *joystick* não poderá continuar se movendo naquela direção. O *joystick* permite ainda ao usuário executar três tipos de ações: arremessar, girar e desviar o movimento, que serão processadas e aplicadas

¹² O ambiente virtual é criado a partir de um modelo matemático, selecionando os parâmetros de movimentação dos objetos e as forças a eles aplicadas, tais como peso, e atrito, bem como definindo as equações que definem a interação.

ao dispositivo em função das variações na intensidade dos campos magnéticos dos seis eletroímãs.

O objetivo do Consórcio *Mag-Lev* é promover uma maior utilização desta tecnologia, para partilhar experiências e resultados da investigação, para desenvolver e compartilhar software de renderização háptica utilizando os dispositivos hápticos de levitação magnética, além de trabalhar em conjunto como uma comunidade de aplicar os conhecimentos desenvolvidos para problemas importantes. Com o aperfeiçoamento desta nova interface háptica resultado das pesquisas, o usuário poderá distinguir texturas, sentir a reação de objetos e perceber pequenas mudanças em suas posições, já que a interface responde prontamente às alterações de movimentos.

4. Interface cérebro-máquina

O *Advanced Research Laboratory*¹³ da *Hitachi* vem desenvolvendo uma interface cérebro-máquina que permite aos usuários ligar e desligar interruptores com a mente. A pesquisa chefiada por Hideaki Koizumi¹⁴ apóia-se em topografia óptica, que envia pequenas quantidades de luz infravermelho através da superfície do cérebro, para mapear mudanças na corrente sanguínea.

A interface é composta por uma espécie de capacete conectado através de fibra ótica a um dispositivo de mapeamento da concentração sanguínea no cérebro. O sistema pode reconhecer pequenas mudanças no fluxo sanguíneo cerebral associada a atividade mental e traduzir essas alterações em sinais de tensão para controlar dispositivos externos. Essa nova tecnologia demonstrada no Japão pode tornar possível controlar dispositivos sem mexer um músculo, apenas com a atividade cerebral.

Nos experimentos, os indivíduos foram capazes de ativar o interruptor ao formarem um modelo mental através da realização de contas aritméticas, recitando itens da memória ou mesmo cantarolando.

O protótipo interface cérebro-máquina permite apenas simples controle dos interruptores, mas com uma melhor compreensão das sutis variações nas concentrações sanguíneas associadas com várias atividades cerebrais, os

¹³ Hatoyama, Japão

¹⁴ <http://www.cbc.ca/technology/story/2007/06/22/tech-brain-machine.html>

sinais podem ser refinados e usados para controlar mais complexas operações mecânicas.

Uma das vantagens desta tecnologia desenvolvida pela Hitachi é que os sensores não invadem fisicamente o cérebro, ao contrário de outras pesquisas neste campo que requeriam a implantação de um microchip sob o crânio.

A longo prazo, a tecnologia da interface cérebro-máquina poderá ajudar a pacientes paralisados tornarem-se independentes, habilitando-os a executar ações através de estímulos mentais. A curto prazo, a Hitachi vê potenciais aplicações para esta interface na reabilitação cognitiva, onde poderá ser usada como uma ferramenta divertida para demonstrar uma evolução do paciente.

A interface cérebro-máquina encontra-se em fase de aperfeiçoamento a fim de se realizar pequenos ajustes que impeçam, por exemplo, interferências de outras ondas cerebrais, para tornar esta tecnologia comercializável em cinco anos. Nesta perspectiva, aplicações que visem à eliminação de qualquer tipo de controle remoto podem ser imaginadas.

CONCLUSÃO

As pesquisas por interfaces hápticas que forneçam feedbacks de força, textura, movimento, pressão e até mesmo de peso cada vez mais precisos avançam e buscam desenvolver sistemas que aproximem as sensações virtuais das físicas, até que não seja mais possível distingui-las. Entretanto observa-se que o caminho ainda é longo.

As aplicações se potencializam, aumentando a interatividade homem-máquina, bem como possibilitar maior imersão. As interfaces aqui apresentadas estão longe de representarem a maioria das pesquisas que hoje são realizadas, em especial na área médica e de reabilitação.

Buscou-se focar nas interfaces que possam de alguma forma ser utilizadas em trabalhos artísticos, ou em performances que envolvam realidade virtual, ou que partam da interação do usuário com ambientes virtuais.

Segundo Suzete Venturelli (2007), o artista passou a ocupar uma multiplicidade de espaços e de tempos específicos, esta teia de conexões, compõe uma complexa rede na qual passaram a ser elaboradas sua vida e sua arte. Parafrazeando Venturelli, o estudo e pesquisa das interfaces hápticas

auxiliam o artista a explorar inúmeras conexões considerando a velocidade, a natureza, o ritmo, os fluxos, e os dados, que atravessam os conteúdos e mensagens que o artista deseja passar.

As interfaces hápticas não convencionais têm sido largamente utilizadas em diferentes áreas: médica, militar, aero-espacial, robótica, submarina, ou exploração em lugares inóspitos. Portanto vale pensar que o campo da arte e tecnologia também abre espaço para exploração destas interfaces em trabalhos em gamearte, em realidade virtual, em telepresença, em performance, entre outras.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson. *Mouses: funcionamento, tipos e principais características*, publicado em 21/04/08. In: <http://www.infowester.com/mouse.php>, acessado em 30/06/2008.

BERKELMAN, Peter J. e HOLLIS, Ralph L.. *Magnetic Levitation Haptic Interfaces*. In: <http://www.msl.ri.cmu.edu/projects/haptic/>, acessado em 27/06/08.

BERKELMAN, Peter *et al.* *Magnetic Levitation Haptic Consortium*, The Microdynamic Systems Laboratory – Robotics Institute of Carnegie Mellon University, In: http://www.msl.ri.cmu.edu/projects/haptic_consortium/, acessado em 15/07/2008.

BESCHIZZA, Rob. *Hitachi: Commercial Mind-Machine Interface by 2011*. AMCategories: Innovations. Publicado em 17/11/2006. In: http://blog.wired.com/gadgets/2006/11/hitachi_commerc.html, acessado em 01/08/2008.

CHUNG, YoungHyun. *Digital Wheel Art*, New York University, 2008, In: <http://risknfun.com/project/digitalwheelart/>, acessado em 1/07/2008

FRAGA, Tania. *Cibercenários: Hekuras, Karuanas & Kurupiras*. Rev.Galáxia, Vol. 4, Número 7, Ano 2004. In:

<http://revcom2.portcom.intercom.org.br/index.php/galaxia/article/view/1399>

acessado em 16/08/2008

Hitachi demonstrates brain-machine interface. The Associated Press. Última atualização: 22/06/2007. In:

<http://www.cbc.ca/technology/story/2007/06/22/tech-brain-machine.html>,

acessado em 01/08/2008

Inventing Modern America: Vision Doug Engelbart. 27/09/2001. Texto adaptado de BROWNE, David E.. *Inventing Modern America: From the Microwave to the Mouse.* Publicado por The MIT Press, publicação do Lemelson-MIT Program. In: http://web.mit.edu/invent/www/ima/engelbart_draw1.html, acessado em 30/06/2008.

JAQUES, Robert, *Mag-lev interface offers sense of touch - Haptic device developed at Carnegie Mellon*, Vnunet.com, 05/03/08. In:

<http://www.vnunet.com/vnunet/news/2211229/mag-lev-gives-computer-users> ,

acessado em 15/07/08.

Joystick. (baseado originalmente no *dicionário em linha livre de computar*, licenciado sob o GFDL), In: <http://en.wikipedia.org/wiki/Joystick>, acessado em 14/06/2007.

LEE, Christopher D., LAWRENCE, Dale A., and PAO, Lucy Y.. *Dynamic Modeling and Parameter Identification of a Parallel Haptic Interface*, Proc. 10th Annual Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, IEEE VirtualReality Conference, Orlando, FL, March/2002. In:

<http://osl-www.colorado.edu/Research/haptic/papers/sym2002/MODELING/WebVersion.pdf>, capturado em 05/07/08.

LEE, Christopher D., LAWRENCE, DALE A., and PAO, Lucy Y.. *A High-Bandwidth Force-Controlled Haptic Interface*, Proc. 9th Annual Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Orlando (FL), Nov/2000. In

<http://osl->

www.colorado.edu/Research/haptic/papers/wam00/forcecontrol/webversion.pdf

capturado em 05/07/08.

Máquina lê pensamento para controlar aparelhos. Publicado em 22/06/2007. Associated Press. In: <http://tecnologia.terra.com.br/interna/0,,OI1706072-El4799,00.html>, acessado em 01/08/2008

MAUERBERG-DECASTRO, Eliane, PAULA, Adriana Inês de, TAVARES, Carolina Paioli *et al.* *Orientação espacial em adultos com deficiência visual: efeitos de um treinamento de navegação*. *Psicol. Reflex. Crit.*, 2004, vol.17, no.2, p.199-210. ISSN 0102-7972. In: <http://www.scielo.br/pdf/prc/v17n2/22472.pdf>, capturado em 05/07/08.

PIROTO, Benito Da-Rin, *Interface tátil I: levitação magnética*, publicado em 13/03/2008. In: <http://www.forumpcs.com.br/coluna.php?b=233091>, acessado em 16/08/2008

PIROTO, Benito Da-Rin, *Interface tátil II: o flotor*, publicado em 18/03/2008. In: <http://www.forumpcs.com.br/coluna.php?b=233388>, acessado em 16/08/2008.

SHIMBUN, Yomiuri via Seihin World. *Model train controlled via brain-machine interface*. Publicado em 17/11/2006 no site Pink Tentacle. In: <http://www.pinktentacle.com/2006/11/model-train-controlled-via-brain-machine-interface/>, acessado em 01/08/2008.

SMITH, Christopher M. *Human Factors in Haptic Interfaces*. Publicado em Crossroads –The ACM Students Magazine, março/1997. In: <http://www.acm.org/crossroads/xrds3-3/haptic.html>, acessado em 05/07/2008.

VENTURELLI, Suzete. *A Estética da relação, da troca e da interação humano computador: arte e jogo em rede*. In: VENTURELLI, Suzete [Org.]#6.ART. *Arte e tecnologia: interseções entre arte e pesquisas tecno-científicas*. Brasília: UnB. 2007.

<http://www.file.org>

<http://www.suzeteventurelli.ida.unb.br/>

<http://www.wiispray.com/>