

**PRINCÍPIOS ERGONÔMICOS E USABILIDADE DE INTERFACES DE
REALIDADE AUMENTADA EM AMBIENTES VIRTUAIS DE
APRENDIZAGEM: VISÃO GERAL E TENDÊNCIAS**

CÉSAR AUGUSTO OTERO VAGHETTI¹; SILVIA SILVA DA COSTA BOTELHO²

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi apresentar uma visão geral e tendências de pesquisas envolvendo ergonomia e usabilidade em ambientes de realidade aumentada e mista. Procurou-se investigar os desafios associados ao futuro dos ambientes virtuais de aprendizado que surgem com essas tecnologias e que recursos computacionais, educacionais e ergonômicos devem ser implementados. Foram investigadas pesquisas publicadas nos principais serviços de indexação na área da informática e educação. Os resultados indicam que poucas pesquisas utilizam tecnologias de realidade aumentada e realidade mista com ênfase no aspectos educacionais.

Palavras chave: Usabilidade, Realidade Aumentada, Educação.

**ERGONOMIC PRINCIPLES AND USABILITY AUGMENTED REALITY
INTERFACES IN VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS: OVERVIEW
AND TRENDS**

1 FURG: Msc. cesarvaghetti@gmail.com

2 FURG: Dr. silviacb@furg.br

ABSTRACT

The objective of this research was to present a revision of recent researches involving ergonomics and usability in environments of mixed reality. The challenges associated to the future of virtual environments of training that arise with those technologies and what computational, educational and ergonomics resources should be implemented, were investigated. The bibliographical revision was carried out through the search in three service of index-linking in the Web, indicate that few researches utilize technologies of increased and mixed reality with emphasis in the educational aspects.

Keywords: Usability, Augmented reality, Education.

INTRODUÇÃO

Mixed Reality (MR) representa, dentre as muitas possibilidades de implementação e elaboração de *virtual learning environment*, VLE, um avançado ambiente de interação entre interface, homem e computador. O usuário pode interagir com o mundo virtual, explorando situações adversas em um ambiente interativo que exige um padrão de funcionamento cognitivo diferenciado. Milgram and Kishino (1994), definem como MR uma transição entre o ambiente real e o ambiente virtual, passando pela realidade aumentada (*Augmented Reality*, AR) e virtualidade aumentada, onde objetos reais podem ser adicionados em um ambiente virtual. O termo AR, comumente encontrado na literatura, é descrito por Azuma et al. (2001), como um sistema combinado entre ambiente real e informações interativas geradas por computador em tempo real, criando uma percepção ampliada deste ambiente.

A multidisciplinaridade, nestes ambientes é característica marcante, podendo ser utilizado em diversas áreas como visualização médica e comercial (Azuma et al., 2001), entretenimento (Piekarski and Thomas, 2002) e militar (Wagner et al., 2005). Por outro lado a possibilidade de inserção de aspectos no ambiente que possam excitar outros

órgãos dos sentidos como audição tato, paladar e olfato, evidencia a necessidade de um trabalho interdisciplinar, com atenção especial aos aspectos educacionais. Uma vez que por meio da inserção destas novas tecnologias, como catalizadores no processo ensino aprendizagem, novas questões e desafios surgem. Segundo Carraher (1992), as ferramentas computacionais não funcionam automaticamente como estímulo à aprendizagem, pois dependem da integração nas atividades curriculares, onde o intermediador se faz necessário, na elaboração da metodologia a ser utilizada e na avaliação dessas novas tecnologias.

A partir da política de informatização do ensino público no Brasil (Almeida, 2008), surge no contexto educacional a necessidade de implementação e avaliação dos VLEs. Os processos de ensino e aprendizagem, em ambientes virtuais envolvem, além das teorias conhecidas (Dewey, Freire, Piaget e Vygotsky), teorias mais recentes relacionadas ao manuseio do equipamento, como a usabilidade (*usability*) ou facilidade de uso do *software* (Carvalho and Costa, 2008) e princípios ergonômicos em informática (Rocha et al., 2003).

A Ergonomia, definida por Couto (1995), é o estudo da relação homem e trabalho, equipamento e ambiente, adaptação e produtividade entre as características individuais de cada ser humano e seu trabalho. Já o termo usabilidade, para Dias (2003), tem sido definido a partir de diferentes abordagens sobre o produto, com base na Ergonomia cognitiva, nas atitudes do usuário, nas formas de interação, na facilidade de uso, no grau de aceitação e nas tarefas específicas realizadas pelos usuários em um determinado ambiente de trabalho. Com base nesses conceitos, existem muitos critérios ergonômicos (Dee and Allen, 2006) e de usabilidade (Cybis, 2003; Furmanski et al., 2002; Hom, 1998), relacionados ao correto dimensionamento de mobiliários, cadeiras, distâncias e ângulos de visão com a antropometria de cada usuário e com a operacionalidade de cada software.

Queixas de usuários em relação aos dispositivos técnicos, sensação de ardência nos olhos, diminuição da acuidade visual, fadiga mental, dor cervical, lombar e outros problemas de ordem osteoarticular estão associados ao desconhecimento de critérios ergonômicos (Abrahão and Pinho, 2002). Da mesma forma a interface homem e computador, segundo Abrahão et al. (2005), pode dificultar ou até impedir a ação do usuário, devido à dificuldade de interpretação ou quando são desenhados a partir de uma

compreensão distante da realidade de trabalho e estudo. Estes critérios, na interpretação de Rocha et al. (2003), estão sendo discutidos por diversos autores e muitas divergências são evidenciadas.

Ampliando esta discussão para a interface 3D interativa, as possibilidades de trabalho se tornam tão ilimitadas quanto à ausência de metodologias e critérios ergonômicos e de usabilidade. O movimento humano é atraído para dentro do ambiente, onde esta interação pode significar a percepção da ação de forças no corpo, a habilidade motora de um avatar em um game ou a sensação de uma teleconferência na presença de uma platéia virtual. Portanto uma criteriosa análise do movimento humano se torna necessária, para a elaboração de novos critérios ergonômicos que levem em consideração aspectos dinâmicos associados à inserção do aprendiz como um avatar dentro de um cenário virtual e não mais puramente estáticos.

O objetivo da pesquisa foi apresentar uma visão geral e tendências de pesquisas envolvendo ergonomia e usabilidade em ambientes educacionais de realidade aumentada e realidade mista. Procurou-se investigar os desafios associados ao futuro dos ambientes virtuais de aprendizado que surgem com essas tecnologias e que recursos computacionais, educacionais e ergonômicos devem ser implementados.

MÉTODO

A delimitação deste trabalho pode ser ilustrada como sendo a intersecção de três áreas, VLE (educação), realidade virtual (ambientes interativos 3D, AR e MR) e Ergonomia e Usabilidade. A revisão bibliográfica foi realizada através da busca em três serviços de indexação disponíveis na web o ERIC, *Education Resources Information Center*, serviço de indexação de publicações na área de educação patrocinado pelo *Department of Education* do governo americano, o IEEE, *The Institute of Electrical and Eletronics Engineers* e o ACM. Através destas ferramentas pode-se pesquisar as seguintes expressões e palavras-chave: *Virtual learning environment (VLE)*, *mixed reality (MR)*, *augmented reality (AR)*, *usability* e *ergonomics*. Foram investigados artigos científicos publicados em periódicos e pesquisas publicadas em anais de eventos científicos.

As palavras chave e expressões foram cruzadas entre si na intenção de encontrar trabalhos que incluíssem no mínimo duas áreas de pesquisa. Foram utilizadas as ferramentas de inclusão “and” e de exclusão “or”.

- Virtual learning environment (VLE);
- “and” mixed reality (MR);
- “and” augmented reality (AR);
- “and” usability (USA);
- “and” ergonomics (ERG);
- Ergonomics or Usability;
- “and” mixed reality;
- “and” augmented reality.

Na Tabela 1, podem ser vistos os serviços de indexação utilizados na busca e os respectivos trabalhos encontrados, artigos publicados em periódicos e pesquisas publicadas em anais de congressos. Na mesma Tabela também podem ser visto as expressões e palavras-chave utilizadas na busca assim como os cruzamentos realizados.

Tabela 1: Artigos publicados em revistas e pesquisas publicadas em eventos, fontes de indexação, palavras chave e expressões utilizadas na busca.

Palavras chave e expressões	Fontes de indexação		
	ERIC	ACM	IEEE
VLE and MR	0 / 0	0 / 3	0 / 0
VLE and AR	1 / 0	0 / 5	0 / 1
VLE and USA	0 / 0	2 / 23	0 / 2
VLE and ERG	0 / 0	0 / 6	0 / 0
MR and ERG	0 / 0	3 / 80	0 / 1
MR and USA	0 / 0	13 / 218	0 / 7
AR and ERG	0 / 0	11 / 169	3 / 14
AR and USA	0 / 0	38 / 464	6 / 32
Total	1 / 0	67 / 969	9 / 57

O maior número de pesquisas publicadas foram encontradas no ACM com 67 artigos em periódicos e 969 trabalhos publicados em eventos, no qual a maior parte das pesquisas relacionadas com MR, AR, USA e ERG e somente dois artigos na área de

VLE. No IEEE embora tenha sido encontrado um número menor de pesquisas também se percebe que a concentração de trabalhos fica em torno das mesmas áreas e nenhum artigo na área de VLE. Enquanto que no ERIC apenas um artigo foi encontrado na área de VLE e AR.

RESULTADOS

Foram encontrados diversos temas para cada palavra-chave ou expressão investigada. Na Tabela 2, podem ser observados os temas mais frequentes nas e seus percentuais de ocorrência.

Tabela 2: Percentual de publicações em revistas e eventos científicos

Temas abordados	Publicações (%)	
	Revistas Científicas	Eventos Científicos
Tecnologia móvel	30,9	15,6
Design de interfaces e interação homem-computador	16,4	14,5
Jogos	12,7	11,2
Design	9,1	10,7
Interface tangível	3,6	4,9
Desenvolvimento de plataforma de MR e AR	1,8	4,5
Avaliação da usabilidade	1,8	4,0
Educação básica e formação docente	1,8	3,3
Interação gestural e interface gestual	1,8	3,1
Co-presença, tele-presença, ambientes virtuais colaborativos	1,8	2,9
VLE	1,5	2,9
Museu virtual	3,6	2,5
Interação homem robo	0	2,2

Outros temas	13,2	17,7
--------------	------	------

Além destes temas descritos na Tabela 2, também foram encontrados outros assuntos, porém com uma ocorrência menor, discriminados dentro do item “outros temas”: aplicação na medicina, ambientes de segurança, hipertextos, educação a distância, *e-learning*, ensino de línguas, interação musical, utilização de AR no ensino, usabilidade para indivíduos portadores de deficiência, caves, cenários, movimento humano, X3D e pesquisas etnográficas.

DISCUSSÃO

O grande foco das pesquisas na área da informática talvez ainda a área comercial, pode-se perceber, na Tabela 2 que 30,9% das pesquisas em revistas científicas e 15,6% das publicações em eventos científicos investigados neste trabalho abordam tecnologia móvel (Mou et al., 2004; Squire and Jan, 2007; Squire and Klopfer, 2007; Wagner et al., 2005). Computadores portáteis e *smartphones* estão se tornando cada vez mais populares, onde o custo e o peso destes implementos tornam possível não apenas a compra por indivíduos de diferentes camadas sociais mas também sua utilização no ensino médio e fundamental. Os outros temas de maior interesse nas pesquisas correspondem à interação homem-computador (Dunser et al., 2007; Nielsen and Molich, 1990) e games (Kirkley and Kirkley, 2005; Klopfer and Yoon; 2005; Piekarski and Thomas, 2002; Rosenbaum et al., 2007). Verificou-se que as pesquisas não estão apenas se baseando em aspectos físicos e cognitivos na interação homem computador mas também em aspectos sociais, emocionais e culturais, otimizando a implementação de VLE nos diferentes níveis do ensino. Por outro lado os jogos já possuem a capacidade de facilitar a aprendizagem de assuntos complexos e de desenvolver habilidades cognitivas como a resolução de problemas, a percepção, a criatividade e raciocínio. Desta forma os games em interfaces de AR e MR, segundo Villano (2008), permitem a imersão em ambientes de ficção onde as capacidades sensoriais são ampliadas permitindo uma maior percepção do mundo virtual.

Embora com porcentagem menor de ocorrência nesta investigação, destaca-se as pesquisas encontradas na área de web-design, salientando a utilização de um usability guidelines e sua importância pedagógica em ambientes virtuais de aprendizagem

(Arney, 2006; Green and Eppler, 2007; Skaalid, 2001). A educação emementar e a criação de laboratórios para o ensino de ciências (Straker and Pollock, 2006; Sun, Lin and (Straker and Pollock, 2006; Sun et al., 2008), também foram abordadas com certa frequência. Um artigo foi encontrado envolvendo AR e educação, no qual Vilkoniene (2009) utiliza a tecnologia de realidade aumentada para o ensino básico de ciências, onde usuários de nível escolar puderam imergir em um ambiente interativo tomando conhecimento sobre o sistema digestivo humano. Segundo os mesmo pesquisadores um dos grandes desafios destas novas tecnologias é transportá-las do ensino superior para o ensino fundamental e médio. As pesquisas encontradas sobre VLE e AR, pode-se destacar o design de novos ambientes de aprendizagem (Klopfer and Squire, 2008; Rosenbaum et al., 2007; Goebels et al., 2003), a utilização de hipertextos para interação social em crianças (Garzotto and Forfori, 2006) e a utilização de Collaborative virtual environments (CVEs) ou telepresença, onde um número de usuários podem interagir mutuamente (Goebels and Lalioti, 2001).

Conforme mencionado na Tabela 2, no último tema abordado, “outros”, são incluídos assuntos com pouca ocorrência nas pesquisas, menos de 2%, mas com importância destacada na área de estudo desta investigação. Os avanços na área da medicina (Traub et al., 2008), language learning (Harrison, 1998; Asai et al., 2004) e inclusão digital em indivíduos com alguma forma de deficiência física (Bruyere, 2008; McLinden et al., 2006; Gillette et al., 2007).

As outras pesquisas com realidade aumentada (Feldon and Kafai, 2008; Mou et al., 2004), onde o usuário vive a figura de um avatar e interage com objetos utilizando o movimento do próprio corpo, desta forma a necessidade de implementação dessa tecnologia com critérios ergonômicos e de usabilidade se tornam fundamentais. Dunser et. al. (2007) e Nielsen (2005) afirmam, sob o ponto de vista da usabilidade, que para essa tecnologia se tornar mais usada, fora dos laboratórios e comercialmente um sucesso, estes sistemas têm que ser mais acessíveis e mais fáceis de serem utilizados.

Se por um lado estas novas tecnologias estão fornecendo um vasto campo para o ensino das mais variadas áreas, por outro lado os ambientes imersivos também carecem de novas técnicas e artifícios computacionais. Muitas dessas novas tecnologias, segundo Nacha (2007), foram desenvolvidas sem objetivos específicos, apenas explorando os

limites e possibilidades, no qual princípios ergonômicos e de usabilidade foram negligenciados.

CONCLUSÕES

Frente a inserção crescente dos computadores nas mais diferentes áreas e os avanços tecnológicos associados as possibilidades de criação de ambientes virtuais, surgem a cada dia novos desafios relacionados às áreas de estudo em interfaces homem-máquina. Se no passado, cabia aos usuários interagir com o computador usando primariamente um mouse, iniciar programas clicando em ícones e manipular várias janelas usando controles gráficos, atualmente com as novas tecnologias novas formas de interação surgem, e com elas novos problemas e novas formas de superá-los.

O rastreamento de seres humanos e sua inserção em ambientes virtuais e mistos traz consigo novas possibilidades de interação. Nestes ambientes humanos estarão corporalmente interagindo com avatares, sendo estes últimos puramente virtuais ou mesmo representações de outros humanos remotamente presentes. Os possíveis relacionamentos e interações de tais corpos podem conduzir a necessidade de novos códigos de comportamento sociais em todas as possíveis áreas de aplicação.

A crescente utilização massiva de Tecnologias da Informação e Comunicação na área da educação, e as perspectivas de ensino não tradicionais (não-presenciais, semi-presenciais, dentre outras) relacionadas a técnicas de Realidade Virtual e Mista, associam a tal segmento a potencial necessidade de tratamento das questões de ergonomia e usabilidade em interfaces.

Os resultados encontrados nesta pesquisa indicam que um novo campo está surgindo, multidisciplinar, incluindo as áreas de Realidade Virtual e Mista, Ambientes de Aprendizado e Ergonomia. Surge um conjunto de possibilidades ilimitadas, onde através do estudo dos possíveis relacionamentos e interações corpóreas, novos códigos de comportamento e sociais se estabelecerão em novas propostas de ambientes virtuais de aprendizagem.

Percebe-se que mesmo limitado no serviço de indexação utilizado, pouco são os artigos que abordam as interseções das áreas envolvidas, e nenhum artigo foi encontrado especificamente tratando o problema de forma multidisciplinar.

Futuros trabalhos poderão estudar de forma detalhada os aspectos ergonômicos e de usabilidade para implementação de métodos estilo *Ergonomics Guidelines*, para utilização em ambientes virtuais de aprendizagem que trabalhem com interfaces de realidade aumentada e realidade mista.

REFERENCIAS

ABRAHÃO, J. I. AND PINHO. D. L. M. As transformações do trabalho e desafios teórico-metodológicos da Ergonomia. **Estudos de Psicologia**. v. 7, p. 45-52, 2002.

ABRAHÃO, J. I. AND SILVINO A. M. D., SARMET, M. M. Ergonomia, Cognição e Trabalho Informatizado. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. v. 21, p. 163-171, 2005.

ALMEIDA, M. E. B. Educação e tecnologias no Brasil e em Portugal em três momentos de sua história. **Educação, Formação & Tecnologias**. v. 1, p. 23-36, 2008.

ARNEY, J. B. Training Students in Assessment: Three Steps to a More Effective Web Site. **Business Communication Quarterly**. v. 69, p. 60-68, 2006.

ASAI, K., SUGIMOTO, Y., HEMMAKORN, N., OSAWA, N. AND KONDO, K. Language-support system using character recognition. **In Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry**. Páginas 173-179, 2004.

AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER S. AND JULIER, S. B. Macintyre. Recent Advances in Augmented Reality. **Computers & Graphics**. 21: 34-47, 2001.

BRUYERE, S. Total Access: Making College Web Sites Accessible to Students with Disabilities. **Community College Journal**. 79: 36-39, 2008.

CARRAHER, D. W. **O Papel do Computador na Aprendizagem**. São Paulo: CIEd/FDE, 1992.

CARVALHO, H. P. AND COSTA I. T. A usabilidade e os sites de educação à distância. **Revista Brasileira de Educação à Distância**. v. 1, p. 1-24, 2008.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: ERGO Editora, 1995.

CYBIS, W. A. (2003) Critérios Ergonômicos para Avaliação de Interfaces Homem Computador. Disponível em: www.labiutil.inf.ufsc.br, setembro.

DEE, C. AND ALLEN, M. A Survey of the Usability of Digital Reference Services on Academic Health Science Library Web Sites. **Journal of Academic Librarianship**. v. 32, p. 69-78, 2006.

DIAS, C. **Usabilidade na Web: criando portais mais acessíveis**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2003.

DUNSER, A., GRASSET, R., SEICHTER, H. AND BILLINGHURST, M. Applying HCI principles to AR systems design. **In** Proceedings of 2nd International Workshop at IEEE Virtual Reality Conference (MRUI), 2007.

FELDON, D. F. AND KAFAI, Y. B. Mixed Methods for Mixed Reality: Understanding Users' Avatar Activities in Virtual Worlds. **Educational Technology Research and Development**. v. 56, p. 575-593, 2008.

FURMANSKI, C., AZUMA R. AND DAILY, M. Augmented-reality visualizations guided by cognition: Perceptual heuristics for combining visible and obscured information. **In** Proceedings of IEEE and ACM Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality. páginas 215-224, 2002.

GARZOTTO, F. AND FORFORI, M. Hyperstories and social interaction in 2D and 3D edutainment spaces for children. **In**: Conference on Hypertext and Hypermedia, Proceedings of the seventeenth conference on Hypertext and hypermedia, páginas 57-68, 2006.

GILLETTE D. et. al. Interactive technologies for autism. **In** Conference on Human Factors in Computing Systems, páginas 2109-2112, 2007.

GOEBBELS, G., LALIOTI, V. AND GÖBEL M. Technology design and evaluation of team work in distributed collaborative virtual environments. **In** Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software technology, páginas 231-238, 2003.

GOEBBELS, G. AND LALIOTI, V. Co-presence and co-working in distributed collaborative virtual environments. **In** Proceedings of the 1st international conference on Computer graphics, virtual reality and visualization, páginas 109-114, 2001.

GREEN, R. S., EPPLER, M. A., IRONSMITH, M. AND WUENSCH, K. L. Review Question Formats and Web Design Usability in Computer-Assisted Instruction. **British Journal of Educational Technology**. v. 38, p. 679-686, 2007.

HARRISON, R. (1998) The Evolution of Networked Computing in the Teaching of Japanese as a Foreign Language. *Computer Assisted Language Learning*. 11: 437-52.

HOM, J. (1998) The usability methods toolbox handbook. Disponível em: <http://jthom.best.vwh.net/usability/> outubro.

KIRKLEY, S. E. AND KIRKLEY, J. R. Creating Next Generation Blended Learning Environments Using Mixed Reality, Video Games and Simulations. **Linking Research & Practice to Improve Learning**. v. 49, p. 42-54, 2005.

KLOPFER, E. AND YOON, S. Developing Games and Simulations for Today and Tomorrow's Tech Savvy Youth. **Linking Research & Practice to Improve Learning**. v. 49, p. 33-41, 2005.

KLOPFER, E. AND SQUIRE, K. Environmental Detectives--The Development of an Augmented Reality Platform for Environmental Simulations. **Educational Technology Research and Development**. v. 56, p. 203-228, 2008.

MCLINDEN, M., MCCALL, S. AND HINTON, D. A. Weston, G. Douglas. Developing Online Problem-Based Resources for the Professional Development of Teachers of Children with Visual Impairment. **Open Learning**. v. 21, p. 237-251, 2006.

MILGRAM, P. AND KISHINO, F. (1994) A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. **Trans. Information Systems** vol. E77-D, no. 12. The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.

MOU, W., BIOCCA, F., OWEN, C. B., TANG, A., XIAO, F. AND LIM L. Frames of Reference in Mobile Augmented Reality Displays. **Journal of Experimental Psychology Applied**. v. 10, p. 238-244, 2004.

NACHA, C. B. Uma Metodologia para Avaliação de Usabilidade de Interfaces de Realidade Mistas Interativas. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Pernambuco. Novembro, 2007.

NIELSEN, J. Usability for the masses. *Journal of Usability Studies*. 1: 2-3. Nielsen, J. and Molich, R. (1990) Heuristic evaluation of user interfaces. **In** Proceedings of ACM CHI'90. 249-256, 2005.

PIEKARSKI, W. AND THOMAS, B. ARQuake: The Outdoor Augmented Reality Gaming System. **In** Proceedings of ACM. páginas 36-38, 2002.

ROCHA, L. E., CASAROTTO R. A. AND SZNELWAR L. Uso de computador e ergonomia: um estudo sobre as escolas de ensino fundamental e médio de São Paulo. **Educação e Pesquisa**. v. 29, p. 79-87, 2003.

ROSENBAUM, E., KLOPFER E. AND PERRY, J. On Location Learning: Authentic Applied Science with Networked Augmented Realities. **Journal of Science Education and Technology**. v. 16, p. 31-45, 2007.

SCHWABE, G., GOTH, C. Mobile Learning with a Mobile Game: Design and Motivational. **Journal of Computer Assisted Learning**. v. 21, p. 204-216, 2005.

SILVA, C. A. A., ZAPATA, A. L., MORAES, A. J. P., DORIA-FILHO, U. AND LEONE C. Utilização do computador e de jogos eletrônicos e avaliação da ergonomia com uso do computador em adolescentes de uma escola privada na cidade de São Paulo. **Revista Paulista de Pediatria**. v.24, p. 102-103, 2006.

SKAALID, B. Web J for Instruction: Research-based Guidelines. **Canadian Journal of Educational Communication**. v. 27, p. 139-55, 2001.

SQUIRE, K. D., AND JAN, M. Mad City Mystery: Developing Scientific Argumentation Skills with a Place-Based Augmented Reality Game on Handheld Computers. **Journal of Science Education and Technology**. v. 16, p. 5-29, 2007.

SQUIRE, K. D. AND KLOPFER, E. Augmented Reality Simulations on Handheld Computers. **Journal of the Learning Sciences**. v.16, p. 371-413, 2007.

STRAKER, L., POLLOCK, C. AND BURGESS-LIMERICK, R. Towards evidence-based guidelines for wise use of computers by children. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 36, p. 1045-1053, 2006.

SUN, K., LIN, Y. AND YU, C. A Study on Learning Effect among Different Learning Styles in a Web-Based Lab of Science for Elementary School Students. **Computers & Education**. v. 50, p. 1411-1422, 2008.

TRAUB, J., SIELHORST, T., HEINING, S. AND NAVAB, N. Advanced Display and Visualization Concepts for Image Guided Surgery. **Journal of Display Technology**. v. 4, p. 483-90, 2008.

VILKONIENE, M. Influence of Augmented Reality Technology upon Pupils' Knowledge about Human Digestive System: The Results of the Experiment. **US-China Education Review**. v. 6, p. 36-43, 2009.

VILLANO, M. When Worlds Collide: An Augmented Reality Check. **T.H.E. Journal**. v. 35, p. 33-38, 2008.

WAGNER, D., PINTARIC, T., LEDERMANN, F. AND SCHMALSTIEG, D. Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices. **In Proceedings of 3rd**

International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE), páginas 208-219, 2005.