

De acordo com Papert (1997), o uso da tecnologia avançou consideravelmente. Entretanto, ao mesmo tempo, ele acredita que ainda estamos longe de usar todo o potencial que ela pode oferecer. Desse modo, é extremamente importante que o desenvolvimento do software educacional seja capaz de unir tecnologia de ponta com conceitos pedagógicos adequados para produzir aplicativos educacionais de alta qualidade com potencial para inovar no processo de aprendizagem, em vez de serem apenas substitutos virtuais de livros e cadernos.

**Alexandre da Costa Sena
Vitor Balbio da Silva
Anselmo Antunes Montenegro**

Benefícios da tecnologia interativa 3D como ferramenta para auxiliar o ensino

Benefits of the 3D interactive technology as a tool to assist learning

ALEXANDRE DA COSTA SENA*

VITOR BALBIO DA SILVA**

ANSELMO ANTUNES MONTENEGRO***

Resumo

Em razão do grande avanço tecnológico nas últimas décadas, é possível notar um hiato entre as ferramentas de ensino e a tecnologia disponível, uma vez que, frequentemente, as ferramentas de ensino são usadas apenas como substitutas dos livros didáticos. A partir de tal problema, este artigo percorre obras de diversos pesquisadores das áreas de Educação, Epistemologia e Psicologia, que apontam um caminho para a construção de aplicações educacionais que, de fato, se adequem à nossa sociedade e às necessidades educacionais do século XXI. Ao assumir que a interação é um conceito-chave no processo de ensino e aprendizagem, este trabalho apresenta os benefícios da tecnologia interativa 3D na construção de ferramentas educacionais, que devem funcionar como mediadoras entre o conhecimento e o estudante.

Palavras-chave: Ferramentas educacionais. Interação. Computação gráfica.

Abstract

Due to many technological advances in the last decades it is possible to notice a gap between the educational softwares and the technology available, once

* Doutor em Computação pela Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil; Docente do Departamento de Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Email: asena@ime.uerj.br .

** Desenvolvedor do Instituto Nacional de Tecnologia, RJ, Brasil; Email: vitorbalbio@gmail.com .

*** Doutor em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. É professor adjunto da Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil; Email: anselmo@ic.uff.br .

the teaching tools are, in most cases, mere replacements for notebooks. Based on this context, this article examines the works of several researchers in the fields of Education, Psychology and Epistemology, which point the way for the construction of educational applications that are suited to our society and the educational needs of the twenty-first century. Assuming that interaction is a key concept in the learning process, this work presents the benefits of 3D interactive technology in the construction of educational software that acts as mediator between the student and knowledge.

Keywords: Educational software. Interaction. Computer graphics.

Introdução

O conceito de educação, em diversos sentidos, está ligado a uma metodologia onde se estabelece a relação de Ensino e Aprendizagem, metodologia essa que está intimamente relacionado à tecnologia da época. Devido aos grandes avanços tecnológicos das últimas três décadas, é possível notar um hiato entre as ferramentas de ensino e a tecnologia disponível. Essa subutilização decorre do fato que a tecnologia evolui muito mais rapidamente do que os métodos de ensino conseguem se adaptar. Da mesma forma, as tentativas de usar a tecnologia na sala de aula tem principalmente se dado de forma a serem meros substitutos virtuais dos livros didáticos, não acrescentando nenhum novo elemento benéfico ao processo de Ensino e Aprendizagem.

A partir deste contexto, este trabalho analisa conceitos pedagógicos que propõem uma maneira apropriada para se buscar e transmitir conhecimento. Mais especificamente, assumindo que a interação (experiência) é um conceito chave para se adquirir conhecimento conforme proposto por Locke (2009) e Papert (1997), e ainda que os indivíduos não têm as mesmas habilidades e que existem formas distintas de inteligência conforme descrito por Gardner (1995), este trabalho propõe o uso da tecnologia interativa 3D para construção de ferramentas educacionais. A partir da adoção desta tecnologia, é esperado que as ferramentas educacionais funcionem como um mediador entre o aluno e o conhecimento, conforme definido por Freire (2002), ao invés de serem meras ferramentas de ensino onde os alunos somente consultam, memorizam e repetem.

Entretanto, é importante notar que o uso de um software educacional deve ser supervisionado por um professor, que é o responsável por explicitamente instruir os alunos. Conforme descrito por Sweller (2011), existem dois tipos de conhecimento. Enquanto que o conhecimento primário biológico é adquirido sem nenhum esforço e inconscientemente, o conhecimento secundário biológico deve ser ensinado explicitamente. Por isso, a ferramenta educacional interativa 3D deve ser usada como um complemento do processo de Ensino e Aprendizagem, enriquecendo a interação entre o estudante e o conhecimento.

A viabilidade do uso da tecnologia interativa 3D na construção de ferramentas educacionais é apresentada através da aplicação CEL, que é uma ferramenta de ensino para estudantes de biologia. A aplicação CEL permite aos estudantes interagirem como uma célula animal 3D, analisando suas estruturas e organelas, descobrindo o seu funcionamento através da experiência.

Computadores como ferramenta de ensino

O uso do computador na educação já foi estudado por vários pesquisadores conforme apresentado em Jain (2005). O correto entendimento dos processos educacionais é fundamental para a produção de aplicações para fins educativos. Apenas um olhar superficial sobre o problema é suficiente para se perceber a complexidade da questão, dada a grande variedade de correntes educacionais distintas e muitas vezes conflitantes entre si, que com igual predisposição, se propõem a explicar e guiar um processo pedagógico ideal, conforme descrito em Sousa (1998).

O uso da computação na educação surge em um primeiro momento como uma solução mágica para os problemas educacionais, como pode ser visto em um artigo de John Herriott, no qual sustenta que:

Há uma possibilidade bastante acentuada de que antes do final deste século os estudantes venham a receber toda a sua instrução através de computadores, sem absolutamente nenhum contato com professores (HERRIOTT, 1982, p. 80).

Essa ideia, compartilhada por outros, não era um movimento isolado da educação, mas sim de diversas áreas sociais que previam uma mudança significativa nos meios de produção e organização social com a crescente penetração do computador e principalmente da internet. Porém, somente a tecnologia em si não melhora os processos de ensino e aprendizagem nem garantem mudanças na qualidade da educação. Para isso, Nilza aponta que “É necessário repensar os paradigmas existentes para adoção de novas práticas educativas” (CERNY, 2002, p. 120).

De acordo com Papert (1997), o uso da tecnologia avançou consideravelmente. Entretanto, ao mesmo tempo, ele acredita que ainda estamos longe de usar todo potencial que ela pode oferecer. Desse modo, é extremamente importante que o desenvolvimento do software educacional seja capaz de unir tecnologia de ponta com conceitos pedagógicos adequados para produzir aplicativos educacionais de alta qualidade com potencial para inovar o processo de aprendizagem, ao invés de serem apenas substitutos virtuais de livros e cadernos. A seguir, é apresentada uma linha de pensamento pedagógico que não apenas estimula, mas que tem potencial para realmente ajudar este processo.

Educação integral, individual e construcionista

Durante a história da humanidade o ideal de homem foi se modificando e com ela também os padrões educacionais que os formava, como aponta Howard Gardner:

Cada sociedade tem seu ideal de ser humano, os gregos valorizavam quem ostentavam agilidade física, racionalidade e um comportamento virtuoso. Os romanos focalizavam a coragem máscula, e os seguidores do islã apreciavam o soldado santo [...] (GARDNER, 1999, p. 11).

Por exemplo, de acordo com John Locke (2009), a habilidade é inata enquanto o conhecimento é adquirido, rejeitando a filosofia cartesiana preexistente que alegava que os seres humanos nascem com ideias inatas. Assim, se o conhecimento é adquirido e não inato, era necessário formular uma teoria que explicasse o processo de formação do conhecimento. Para Locke a chave para se adquirir conhecimento é a experiência, sendo as ideias derivadas da sensação ou da reflexão:

Todas as ideias derivam da sensação ou reflexão. Suponhamos pois que a mente é como dizemos, um papel em branco, desprovida de todos os caracteres, sem quaisquer ideias; como ela será suprimida? De onde provém este vasto estoque, que a ativa e que a ilimitada fantasia do homem pintou nela com uma variedade quase infinita? De onde apreende todos os materiais da razão e do conhecimento? A isso respondo, numa palavra, experiência. (LOCKE, 2009, p. 102).

Locke, apesar de correto em sua afirmação sobre a experiência cometeu um erro ao afirmar que todo homem seria como uma folha em branco, doutrina a qual deu nome de *Tábula Rasa*, ideia esta muito perigosa no campo da educação, pois nos leva a crer que todos os indivíduos possuem as mesmas capacidades e podem ser tratados educacionalmente como um grupo homogêneo. Atualmente, através das teorias da evolução genética e neuroimagem sabemos que cada ser humano, apesar de grandes semelhanças, é único e essas individualidades devem ser respeitadas no processo de aprendizagem. Um dos autores que tratou do problema das individualidades intelectuais foi Howard Gardner.

A proposta de Howard Gardner é baseada em um conceito diferente sobre a mente humana. Sua visão pluralista da mente admite que a mesma possua diversas facetas diferentes e separadas e reconhece que indivíduos diferentes possuem habilidades cognitivas diferentes entre si. Isso leva a uma nova proposta educacional baseada na individualidade. Sua proposta educacional e de funcionamento da mente é conhecida como Teoria das Inteligências Múltiplas.

Para exemplificar sua proposta de inteligência, Gardner nos fornece o seguinte experimento mental:

Pensem, por exemplo, nos marinheiros dos mares do sul, que encontram seu caminho em torno de centenas de ilhas olhando para as constelações de estrelas do céu, sentindo a maneira pela qual um barco passa pela água e observando alguns marcos dispersos. Uma palavra para inteligência nessa sociedade de marinheiros provavelmente se referiria a esse tipo de habilidade para navegar. Isso ajuda a entender a maneira pela qual eu defino a inteligência, isto é, a capacidade de resolver problemas ou de elaborar produtos que sejam valorizados em um ou mais ambientes culturais ou comunitários (GARDNER, 1995, p. 13).

Inicialmente, Gardner nos apresenta sete formas de inteligência: Linguística; Lógico matemática; Intrapessoal; Interpessoal; Musical; Corporal; Espacial. Entretanto, ele destaca que essas classificações não são definitivas, podendo ser subdivididas e reorganizadas. A principal ideia é a compreensão de que a inteligência é pluralizada e não um processo único baseado nas capacidades linguísticas e lógico-matemática. Dessa maneira, na sua opinião, é extremamente importante que o processo educacional respeite a individualidade do aluno.

Outro ponto chave é compreender o papel da educação para o educando. Paulo Freire responde essa questão dizendo que o principal objetivo da educação é a conscientização do aluno a respeito da sua realidade como indivíduo socialmente oprimido e levá-lo à libertação através do conhecimento.

Sua concepção da prática educacional era baseada no desenvolvimento do pensamento crítico e não somente na assimilação de conteúdos pré-definidos. Essa ideia rompe de várias maneiras com o ensino escolar tal como aplicado nas escolas até os dias atuais. A esta, Freire chama "Educação Problematicadora" em contraponto a atual "Educação Bancária". Sobre a concepção de educação bancária Freire diz:

No lugar de comunicar-se o educador faz "comunicados" e depósitos que educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção "bancária" da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem depósitos, guardá-los e arquivá-los. [...]. Educador e educandos se arquivam na medida em que, nesta distorcida visão da educação, já não há criatividade, não há transformação, não há saber. Só existe saber na invenção, na reinvenção, na busca

inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem do mundo, com o mundo e com os outros. Busca esperançosa também (FREIRE, 2002, p. 58).

Para superar essa visão, Freire desenvolve sua concepção de Educação Libertadora ou Problematizadora, que propõe o rompimento com a dita “Contradição Educando-Educador”, estrutura pela qual o Educador sempre estará em posição de superioridade hierárquica e, portanto, opressora. Para Freire o objeto de conhecimento deve ser uma investigação conjunta entre educador e educando. Sua talvez mais célebre citação, resume suas ideias a respeito: “Ninguém educa a ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo” (FREIRE, 2002, p. 58).

Um importante aspecto que deve ser destacado é que existem diferentes categorias de conhecimento. Por exemplo, é de fundamental importância a classificação do conhecimento em uma biblioteca para permitir que uma pessoa ache a informação que está buscando.

Entretanto, quando se trata de um processo educacional, é necessário uma categorização do que é relevante para o aprendizado do indivíduo. Conforme descrito por Sweller (2011), é muito importante distinguir entre o conhecimento que o ser humano evoluiu para adquirir, chamado de conhecimento primário biológico, e o conhecimento que mais recentemente se tornou importante por razões culturais, chamado de conhecimento secundário biológico. Exemplos de conhecimento primário são o reconhecimento de faces, reconhecimento de vozes e engajamento em relações sociais básicas. Por sua vez, a leitura, escrita ou qualquer outro tópico que necessite de instrução são exemplos de conhecimento secundário.

A cultura humana está evoluindo constantemente e ainda mais rapidamente nos tempos atuais em razão do crescimento exponencial do conhecimento. A natureza desse novo conhecimento é totalmente distinto do conhecimento primário. Uma distinção importante entre o conhecimento primário e o secundário é que enquanto podemos ensinar e aprender o conhecimento secundário, o conhecimento primário é adquirido naturalmente, sem a necessidade de ser ensinado, conforme em Geary (2008). Desse modo, o conhecimento secundário (tudo o que deve ser aprendido na escola/universidade) deve ser explicitamente ensinado dentro de uma cultura.

Propostas educacionais com o uso da tecnologia

O computador como ferramenta de ensino pode trazer diversos benefícios para os processos de aprendizagens como: servir de “próteses” para portadores de necessidades especiais, vencer barreiras físicas e temporais, criar ambientes de aprendizagem baseados em pesquisa e cooperação (CERNY, 2002). De forma geral, o computador, mais especificamente o *software*, pode ser utilizado de duas formas dentro desses processos:

- Substituindo as ferramentas atuais como os livros texto e apostilas, repetindo os modelos do ensino tradicional.

- Tratar o *software* como um organizador de ambientes de aprendizagem com quais os alunos são encorajados a solucionar problemas, realizar explorações e pesquisas, chegando as suas próprias conclusões.

A primeira abordagem é apenas uma repetição do modelo de ensino tradicional, enquanto na segunda o computador pode ser usado para apresentar as propostas educacionais apresentadas na seção anterior, que motivam a interação e devem estimular diferentes formas de inteligência. Nessa nova metodologia para o uso da tecnologia como ferramenta de ensino, o professor tem papel de mediador, permitindo ao aluno desenvolver e utilizar estratégias de exploração e descoberta assim como o planejamento e controle de sua própria atividade.

Essa nova proposta para o uso da tecnologia em sala de aula também é defendida pelo pesquisador Seymour Papert (1997), que reconhece a existência de duas correntes educacionais a respeito do uso do computador, a que chama Instrucionismo e sua contra proposta chamada Construcionismo.

O Instrucionismo entende que a aprendizagem melhora com o aperfeiçoamento do ensino. Isto é, com a melhoria dos meios de transmissão de informação. Essa corrente é baseada na ideia tecnicista do ensino de forma que o computador por si só poderia resolver os problemas dos modelos educacionais. Nessa concepção, Nilza aponta que:

A escola não precisa modificar suas concepções pedagógicas e nem é exigida nenhuma preparação dos professores. Muitas vezes é contratado um professor especialista em informática e uma nova disciplina é criada (Informática) (CERNY, 2002, p. 127).

No modelo Construcionista de Papert, por outro lado, a construção de novos conhecimentos ocorre em um processo cíclico de execução-reflexão-depuração de ideias na busca pela solução de uma situação problema desafiadora. Um ambiente de ensino construcionista é portanto um Ambiente Interativo de Aprendizagem e sua proposta defende que o processo de aprendizagem não deve ser focado apenas no *software* e sim na interação entre o aluno e o *software*.

Ambientes interativos 3D para educação

A tecnologia para o uso de ambientes virtuais 3D não é uma novidade. Entretanto, por um longo período, as limitações do *hardware* disponível não permitiu o seu uso na forma interativa por necessitar de alto poder computacional, conforme descrito por Bowman (2006).

Atualmente, a maioria dos computadores é capaz de executar aplicações interativas 3D por possuir placa de vídeo integrada ao processador. Além disso, alguns dispositivos móveis já estão sendo desenvolvidos com alta capacidade para processamento gráfico. Logo, é possível afirmar que, de uma

maneira geral, os computadores atuais estão aptos a utilizarem a tecnologia interativa 3D.

Conforme descrito nas seções anteriores, o *software* educacional deve estimular os estudantes a resolver problemas, fazer pesquisa, explorar e, com isso, chegar as suas próprias conclusões. Em outras palavras, ele deve ser um ambiente interativo que permita que o estudante descubra o conhecimento. Quando comparados com imagens e vídeos, ambientes interativos 3D são certamente mais apropriados para fornecer os conceitos pedagógicos descritos anteriormente.

Santos e Okada (2013, p. 148), definem um ambiente virtual como um “espaço fecundo de significação onde seres humanos e objetos técnicos interagem, potencializando assim, a construção de conhecimentos, logo a aprendizagem”. Segundo essa visão, compartilhada por este trabalho, ambientes interativos 3D não somente podem, mas também devem ser utilizados para além do uso tradicional nos *games*. São assim um meio para a obtenção das interações no ambiente educacional apontadas por Papert, além de perfeitamente aplicáveis em outros ambientes, tais como os de descoberta e simulações.

Outra importante característica que ambientes virtuais 3D possuem é permitir a reprodução da realidade. Nos livros texto didáticos, os objetos de estudo são apresentados na forma de imagens e gravuras que, se por um lado informam, por outro são apenas aproximações não acuradas da realidade, que de fato é em três dimensões. Embora nada substitua a experiência *in loco* de visitar locais históricos para o estudo de história ou um laboratório para o estudo de química, fatores práticos (distância, custos, segurança entre outros) tornam essas interações muitas vezes inviáveis. A tecnologia de Ambientes Virtuais 3D permite reproduzir com acurada qualidade estes ambientes reais. Mais do que isso, é possível ainda reproduzir ambientes que seriam de outra forma naturalmente inacessíveis como, por exemplo, uma viagem pelo corpo humano ou pelo sistema solar. Dessa forma, pode-se dizer que a tecnologia de Ambientes Virtuais 3D reduz a distância entre o aluno e o conhecimento.

Em alguns casos, o uso de ambientes virtuais pode ser ainda mais interessante do que o ambiente real, como por exemplo o treinamento inicial para certas atividades como simulações de voo, desarme de bombas ou cirurgia, onde o risco de um provável erro é inaceitável.

Interatividade

A interatividade nos ambientes virtuais 3D toma forma no conjunto de ações e respostas que acontecem na relação entre o usuário e o *software*. Esta pode se dar de diversas maneiras de modo que o correto entendimento das relações entre o *software* e o usuário é imprescindível para o projeto de *software* educativos.

Este trabalho está de acordo com a classificação taxonômica de Kubo (2004) a respeito da interatividade das mídias. Logo, os Ambientes Interativos 3D podem ser classificados como:

- **Quanto à participação:**
 - **Individual:** Apenas um usuário interage com o ambiente.
 - **Coletiva:** Mais de um usuário interage com o ambiente ao mesmo tempo.
- **Quanto à significância:**
 - **Operacional:** A participação do usuário não altera o conteúdo, o ambiente é somente expositivo.
 - **Pontual:** provoca uma resposta específica sem alterar o conteúdo.
 - **Circunstancial:** provoca alteração no conteúdo de forma controlada.
 - **Estrutural:** O usuário possui controle total sobre a aplicação.
- **Quanto à imersão:**
 - **Imersiva:** Utilização de *hardware* e *software* que proporcionem o isolamento dos sentidos do usuário às interações externas à aplicação.
 - **Não Imersiva:** Os sentidos do usuário não ficam privados de sensações externas ao conteúdo da aplicação.

É importante notar que a complexidade do desenvolvimento de aplicações interativas aumenta de acordo com o grau de interatividade requerido. Uma aplicação Individual só requer o controle de um usuário local enquanto uma aplicação coletiva tem de gerenciar dados de vários usuários, o que aumenta a complexidade do seu desenvolvimento.

Aplicações Operacionais e Pontuais são igualmente de menor complexidade que às demais, porém, por serem meramente expositivas não atendem à proposta de um ambiente interativo de aprendizagem como proposto por Papert. Entretanto, muitos *software* educacionais ainda são criados utilizando essas duas abordagens.

A criação de um projeto de *software* educacional de significância estrutural pode ser uma tarefa bastante desafiadora, uma vez que a modelagem computacional do objeto de estudo pode ser muito complexa. Por exemplo, modelar computacionalmente uma célula animal de forma que o usuário possa interagir com ela de forma livre assim como uma célula real sendo manipulada em laboratório é um desafio tanto às práticas de modelagem computacional quanto para o conhecimento científico deste processo. Nesses casos, a criação de *software* de significância circunstancial pode ser a melhor opção e a sua efetividade no processo de aprendizagem vai depender do grau de interatividade disponibilizado.

É importante destacar que a construção de um *software* educacional interativo 3D não é uma tarefa simples, sendo necessário tanto um especialista na criação de aplicações 3D, como também um profundo conhecimento sobre o assunto a ser estudado. Logo, a cooperação entre especialistas de diferentes áreas pode contribuir significativamente no desenvolvimento de aplicações educacionais interativas 3D de alta qualidade.

Estudo de caso: CEL

A aplicação CEL reconstrói uma representação 3D de uma célula animal. Dessa forma, ela pode ser usada como uma ferramenta de ensino para biologia, citologia ou mesmo para qualquer pessoa interessada em aprender sobre a anatomia de uma célula animal.

CEL é um *software* educacional que foi implementado com as seguintes características: Interatividade intuitiva controlada por mouse; Navegabilidade 3D; Efeito visual de microscópio eletrônico; Descrição das organelas da célula; Objetos interativos.

Uma visão geral da aplicação CEL pode ser vista na Figura I, que apresenta a célula 3D, o logotipo da aplicação e algumas de suas funcionalidades. Embora nessa imagem não seja possível ver as organelas, a medida que o usuário se aproxima da célula através do zoom, ela vai se tornando transparente, sendo possível observar as organelas.

Uma característica muito importante da CEL que melhora a interação do usuário com o software educacional é o “conceito de objetos interativos”, que permite aos usuários estudar e descobrir as funcionalidades de uma organela através da interatividade.

Figura I - Visão Geral da CEL



Fonte: Aplicações Interativas 3D para Educação, 2011¹

Conclusão

O desenvolvimento de um software não é uma tarefa simples. O desafio é ainda maior quando o objetivo da aplicação é melhorar uma relação tão

¹ Monografia do curso de licenciatura em computação do UNILASALLE-RJ

importante quanto o processo de Ensino e Aprendizagem. Este trabalho apresentou uma proposta educacional, tecnológica e epistemológica que nos leva a compreender as vantagens do uso de aplicações interativas 3D na educação, reafirmando a importância do uso correto da tecnologia para melhor construir ferramentas de aprendizagem.

A viabilidade dos conceitos apresentados foi demonstrada através do estudo de caso CEL (SILVA, 2011), que é uma aplicação interativa 3D que simula uma célula animal e suas organelas. Através da aplicação CEL, os alunos são motivados a buscar e descobrir o conhecimento. Mais importante, ele faz isso através da interação, que de acordo com os educadores é uma das melhores maneiras para se aprender.

Os processos educacionais, assim como qualquer processo social, são inerentes a sua era, portanto dependentes e formadores das tecnologias vigentes. É desejado assim, que com este trabalho, outros se inspirem para o desenvolvimento de *softwares* que venham a agregar efetivamente novas experiências no dia a dia, e na vida de alunos e professores.

Referências

BOWMAN, D. et al. New directions in 3D user interfaces. **The International Journal of Virtual Reality**, França, v. 5, n. 2, p. 3-14, Março, 2006.

CERNY, R. **Formação na sociedade do espetáculo**. São Paulo: Editora Edições Loyola, 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002

GARDNER, H. **Inteligência: um conceito reformulado**. Rio de Janeiro: Objetiva, 1999.

_____. **Inteligências múltiplas - A teoria na prática**. Rio Grande do Sul: Artmed, 1995.

GEARY, D. An evolutionary informed educational science. **Educational Psychologist**, v. 43, n. 4, p. 179-195, 2008.

HAREL, I.; PAPERT, S. **Constructionism**. University of Michigan, New York, Ablex Publishing, 1991.

HERRIOTT, J. CAI: A philosophy of education and a system to match. **Creative Computing**, New Jersey, v. 8, n. 4, p. 80-86, abr. 1982.

JAIN, A. **Computer in education**. New Delhi: Gyan Publishing House, 2005.

KUBO, M.; TORI, R.; KIRNER, C. Interaction in collaborative educational virtual envi-

ronments. *CyberPsychology & Behavior*, v. 5, p. 399-407, out. 2004.

LOCKE, J. **An essay concerning human understanding**. Charleston, Publisher BiblioBazaar, reprint, 2009.

PAPERT, S. Educational Computing: How are we doing? **Technological Horizons in Education Journal**, v. 24, n. 11, p. 78-80, jun.1997.

SANTOS, E.; OKADA, A. A construção de ambientes virtuais de aprendizagem: por autorias plurais e gratuitas no ciberespaço. **Atas da reunião da ANPED**. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/reunioes/26/trabalhos/edmeoliveiradosantos.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2013.

SILVA, V. **Aplicações interativas 3D para educação**. 2011. Monografia (Graduação em Computação) – Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro, Niterói, 2011.

SOUSA, C. **História da educação: processos, práticas e saberes**. São Paulo: Editora Escrituras, 1998.

SWELLER, J.; AYRES, P; KALYUGA, S. **Cognitive load theory**. New York: Springer, 2011.