

Título:

Fazer e compreender na Realidade Virtual: em busca de alternativas para o sujeito da aprendizagem

Autores:

Luis de França G. Ferreira
Liane Rockenbach Tarouco
Fernando Becker

Resumo:

O uso da tecnologia, mais especificamente os artefatos computacionais, como apoio à construção de conhecimento e à aprendizagem humana, tem recebido, nos últimos tempos, um impulso extraordinariamente grande. Entre estes artefatos está a Realidade Virtual, apoiada intensivamente pela Inteligência Artificial. A incorporação destes artefatos na educação é extremamente promissora. Não se deve, no entanto, usar estas tecnologias de forma ingênua. O projeto, desenvolvimento e a aplicação correta destes artefatos passa, necessariamente, pelo entendimento de como o homem constroi o seu conhecimento. Este artigo aborda a possibilidade, a viabilidade e as vantagens do uso da Realidade Virtual como um artefato de apoio no aprendizado de técnicas cirúrgicas.

Palavras chaves:

Construção do conhecimento. Aprendizagem humana. Ação instrumentalizada. Artefatos digitais. Realidade Virtual. Construtivismo. Ciência Cognitiva. Educação médica. Cirurgias minimamente invasivas. Videocirurgias.

Abstract:

The use of the technology, more specifically the computational artifacts, as support to the construction of knowledge and the human learning, has received, in the last times, a great impulse. The Virtual Reality, supported intensively by Artificial Intelligence, is a example of these devices. The incorporation of these artifacts in the education is extremely promising. However, we must not to use these technologies in a ingenuous form way. The project, development and the correct application of these artifacts must be based, necessarily, on solid concepts of how man constructs its knowledge. This article is about the possibility, the viability and the advantages of the use of the Virtual Reality as a helpfull environment to support the learning of surgical techniques.

Keywords:

Knowledge construction. Human learning. Instrumental action. Digital artifacts. Virtual Reality. Construtivism. Cognitive Science. Medical education. Minimal invasive surgery. Videosurgeries.

Texto:

1 Introdução

A prática do uso intensivo de tecnologia para criar ambientes que proporcionem melhores condições para a aquisição e construção do conhecimento está sofrendo uma incrível expansão. O uso da tecnologia está possibilitando às instituições de ensino realizar experiências para além da noção popular de “sala de aula”.

Sem dúvida nenhuma, os benefícios obtidos até agora com esta prática são inegáveis. Os diversos problemas que no entanto emergiram, não apontam para um arrefecimento nesta expansão. Com certeza, os esforços de pesquisa que se fazem necessários certamente encontrarão soluções para aqueles problemas.

Entre as novas tecnologias em expansão, está a realidade virtual. O uso desta emergente e promissora tecnologia, que faz parte dos chamados Sistemas de Realidade Virtual (os **SRVs**), vem se difundindo de forma muito rápida na educação. Entre as áreas que podem ser muito beneficiadas está a medicina, no ensino e prática de cirurgias.

No entanto, se quisermos ter a tecnologia verdadeiramente à serviço do sujeito da aprendizagem, o seu uso na *praxis* pedagógica não deve ser feita de forma ingênua. Para que ela possa ser realmente útil no contexto educacional, seu projeto deve estar fortemente embasado em pressupostos teóricos e comprovados sobre como se dá a construção do conhecimento na ação através de artefatos tecnológicos. Sem este cuidado, certamente teremos mais uma parafernália inútil e descartável, no rol de tantas outras já criadas e esquecidas.

2 Sobre o fazer e o compreender na ação instrumentalizada

O fazer, desempenha um papel preliminar e considerável para a compreensão. O sujeito, ao fazer, compreende em ação, em uma determinada situação, o suficiente para atingir o que se propôs realizar. E, ao compreender, ele consegue, em pensamento, dominar situações idênticas, de forma a poder resolver os problemas que estas trazem, tanto em relação ao porquê quanto ao como das ligações constatadas e utilizadas na ação. Dito de outra forma, enquanto o compreender consiste em separar ou isolar a razão das coisas, o fazer é somente utilizá-las com sucesso.

Mas como se explica o avanço inicial do êxito prático em relação a compreensão conceitual? Qual a natureza epistemológica dos processos envolvidos no compreender em ação ou no conseguir em ação? Esta explicação passa necessariamente pela determinação do que consistem as coordenações da ação e as coordenações às quais se dirige o pensamento (as coordenações conceituais, lógico-matemáticas ou causais), em todo o trajeto que vai desde as tomadas de consciência mais elementares até as conceituações superiores.

Existe uma diferença de natureza entre estes dois tipos de coordenações. As coordenações da ação, de caráter material e causal, tratam de coordenar movimentos, mesmo

que guiados por índices perceptivos. Estas coordenações sistematicamente procedem de um em um, garantindo uma acomodação permanente e contínua ao presente, sem divagações e com uma fácil conservação do passado (ele também é material). Entretanto, isto impede inferências relacionadas ao futuro, a um espaço remoto e ao possível. As coordenações mentais, por outro lado, são de natureza implicativa (implicação de sentido amplo e não apenas entre proposições). Estas coordenações de pensamento muitas vezes reúnem inúmeros, sucessivos e múltiplos dados em conjuntos simultâneos, aumentando consideravelmente, desta forma, seus poderes em extensão espaço-temporal, inferências sobre o possível e em velocidade. Entretanto, no contraponto destes poderes, existem inúmeros riscos de deformações devido a erros que podem ocorrer na reconstituição necessária do passado, no que se lê ou se interpreta do presente e no que se especula sobre o futuro ou o possível.

Na ação, os movimentos que a constituem não se sucedem linearmente, mas sim de forma cíclica, relativamente fechada, constituindo os esquemas, correspondendo estes a uma satisfação das necessidades biológicas do sujeito. Desta forma uma coordenação material e causal, mesmo se tratando apenas de um saber-fazer e sem atingir representação ou compreensão, pode levar a conhecimentos, pois constitui-se fonte destes. Assim, a ação do sujeito sobre o objeto constitui um saber, um conhecimento autônomo.

Todavia, mesmo sendo o fazer uma condição preliminar para a compreensão, este atinge um saber que precede a ação e pode prescindir dela, ultrapassando-a. Mas os sucessos práticos somente podem ser ultrapassados pela compreensão ou busca da razão, na medida em que o universo das razões extravasa o real, ao se ampliar sobre os possíveis. Isto é possível porque o sujeito, ao situar, em um universo de relações possíveis, as relações reais atualmente observadas e o poder operacional por ele conquistado vai prolongar-se indefinidamente pela construção de novas e novas operações sobre as precedentes.

Nos dias de hoje, o sujeito da aprendizagem tem se valido cada vez mais de novas tecnologias. Com o advento e o uso intenso destas novas tecnologias, principalmente a realidade virtual, uma interessante questão que se apresenta neste momento é: como o fazer e compreender acontece quando existe a mediação digital entre a ação do sujeito sobre o objeto?

Artefatos, materiais ou virtuais, são meios para atingir um objetivo, portanto, eles exercem uma influência decisiva na atividade e no desenvolvimento humano. As ações do sujeito que se dão através de artefatos são ações instrumentalizadas. Instrumento, por sua vez, pode ser definido como uma combinação de um esquema e um artefato, ou seja, os esquemas, quando combinados com os artefatos, são os instrumentos das ações do sujeito. Esquema pode ser definido como uma invariante funcional do comportamento para uma classe de situações. Entretanto, se a situação for nova para o sujeito que, neste caso, não tem competência para tratá-la, ele, agora sujeito da aprendizagem, vai buscar relações entre esta nova situação e aquelas que lhe são mais familiares, podendo desta forma, criar novos esquemas.

Um instrumento existe então, quando um esquema organiza a ação com um artefato,

e se constitui quando o sujeito, ao agir sobre um artefato, atribui-lhe uma função. Não se pode então, confundir artefato com instrumento: este último tem um valor funcional para o sujeito. Mas quais são então, as relações entre o fazer e o compreender na ação instrumentalizada?

A aprendizagem construída durante o uso de artefatos leva a um desenvolvimento de competências para sua manipulação, ocorrendo então um desenvolvimento instrumental por parte do sujeito da ação. Este desenvolvimento instrumental (também chamado **gênese instrumental**) origina-se de transformações do artefato e/ou dos esquemas de ação com o artefato e divide-se em dois conjuntos de processos:

- **Instrumentação**, que engloba os processos relativos à emergência e à evolução dos esquemas de uso na ação instrumentalizada;
- **Instrumentalização**, que se refere ao processo de enriquecimento das propriedades do artefato.

Os esquemas de uso estão muito fortemente unidos, por um lado, aos artefatos e, por outro lado, aos objetos sobre os quais os artefatos vão atuar, pois eles são os organizadores da ação instrumental. Podemos dizer que, de uma forma geral, aprendemos a usar um artefato quando criamos esquemas de uso deste artefato para atingir um determinado objetivo. A consecução deste objetivo está ligado biologicamente à satisfação de uma necessidade e no comportamento, uma necessidade é uma lacuna que precisa ser preenchida, ou seja, os esquemas de ação correspondem a uma teleonomia e se conservam por seu próprio exercício. É nesse processo extremamente rico que os esquemas evoluem, podendo ocorrer também um enriquecimento das propriedades do artefato. Entretanto, a gênese instrumental não ocorre necessariamente de forma simultânea, isto é, os processos de instrumentação e a instrumentalização podem ocorrer também de forma sequencial e, nesta gênese instrumental, imbricam-se de forma inevitável, a ação, o fazer, a tomada de consciência, e o compreender.

Com a mediação digital (tecnológica), presente na realidade virtual, as interações sensório-motoras diretas sobre o objeto cedem lugar às interações sensório-simbólicas. O mundo real é percebido pelo sujeito através da mediação tecnológica na qual, mecanismos especiais simulam inclusive a interação de força, tátil e sonora. De certa forma, os órgãos dos sentidos estão sendo substituídos e destronados pelos sensores e a ação do sujeito sendo traduzida por atuadores. Já dissemos que, quando agimos sobre um objeto representado pela sua imagem, estamos agindo sobre uma abstração daquele objeto. É o que acontece na realidade virtual, que nada mais é que um artefato computacional, usada como elemento mediador.

As questões que se apresentam então, relacionam-se ao “o quê” e “ao quanto” se pode aprender através da realidade virtual, abrindo-se a partir daí, inúmeras e interessantes oportunidades de pesquisa.

2 Sobre a Realidade Virtual

Como já dissemos, grande parte das mudanças na práxis pedagógica que estão ocorrendo atualmente, são devidos as novas tecnologias. Estas novas tecnologias tem colocado a disposição do educadores inúmeras e poderosas formas de apoio à aprendizagem humana. Assim, o projeto e implementação dos chamados ambientes virtuais, nos quais se inserem os Sistemas de Realidade Virtual, para aplicação no contexto educativo deve levar em conta não somente os aspectos tecnológicos mas também, e principalmente, os aspectos cognitivos e afetivos do desenvolvimento intelectual, ou seja, é necessário que as decisões de projeto, implementação e uso destes ambientes apoiem-se no entendimento de como o indivíduo constrói o conhecimento, bem como ocorre a aprendizagem humana.

2.1 Conceituação e características

Realidade Virtual (**RV**) tem diversas definições. Apenas para citar algumas:

Virtual Reality: A computer system used to create a artificial world in which the user has the impression of being that world and with the ability to navigate through the world and manipulete objects in yhe world (MANETTA, 1995).

Virtual Reality allows you to explore a computer generated world by actually being in it (SHERMAN, 1992).

Para o propósito deste trabalho, Realidade Virtual pode ser definida como

uma interface homem-computador na qual o computador cria um ambiente sensorial e de imersão, que interativamente responde ao comportamento do sujeito, ao mesmo tempo que também é controlado por aquele comportamento.

Os sistemas de realidade virtual apoiam-se basicamente em três pontos fundamentais: **imersão, interatividade e imaginação.**

Por **imersão** entende-se o estado de se estar de tal forma voltado para um problema ou experiência, que não há possibilidade de distrações. É uma característica importantíssima nos ambientes virtuais. Através da imersão, o ambiente deve poder transmitir ao sujeito uma sensação de veracidade suficiente da realidade. Por meio da **interatividade**, o sujeito pode interagir com a simulação, sendo permitido que ele possa mover-se livremente entre os (ou através deles) objetos existentes no mundo virtual.

Os componentes básicos de um SRV podem ser agrupados da seguinte forma:

- **Interfaces**
 - } Visão
 - } Som
 - } Resposta táctil e força

- } Interação e input
- **Hardware**
 - } Dispositivos de interação ativa
 - } Dispositivos de rastreamento
 - } Biosensores
- **Software**
 - } Navegação
 - } Reconhecimento de gestos
 - } Manipulação direta
 - } Reconhecimento de voz
 - } Aplicação
 - } Banco de dados
 - } Simuladores em tempo real

2.2 A Realidade Virtual no contexto educacional

Os SRVs estão proporcionando, sem sombra de dúvida, algumas mudanças no processo educacional. Como um ambiente de apoio à aprendizagem, os mundos virtuais, onde o sujeito possa se movimentar, ouvir, ver e manipular objetos, como no mundo real, certamente representam interessantes oportunidades à disposição dos educadores. A introdução dos SRVs na educação poderá modificar significativamente o papel destes educadores, sendo-lhes exigido novas competências. É necessário, no entanto, que eles se sintam motivados a recorrer ao uso desta nova tecnologia e que pesquisas venham a demonstrar ser esta, realmente, mais uma alternativa para o sujeito da aprendizagem.

O quadro 1 apresenta algumas áreas potenciais onde os benefícios educacionais podem ser esperados.

Quadro 1 - Uso potencial dos SRVs

Uso potencial	Benefícios comparados com os métodos tradicionais
Simulação de sistemas complexos	Habilidade para observar a operação do sistema a partir de um número de perspectivas aliada a uma alta qualidade de visualização e interação
Visualização macroscópica e microscópica	Observação de propriedades de objetos, que são muito grandes ou muito pequenos para serem observados em escala normal
Simulação em tempos mais rápidos ou mais lentos	Habilidade para controlar a escala de tempo em um evento dinâmico. Esta facilidade pode operar como no avanço ou retrocesso rápido dos gravadores de vídeo modernos.
Permite altos níveis de interatividade	Os SRVs permitem um grau maior de interatividade que outros sistemas baseados em computador
Sensação de imersão	Em algumas aplicações, a sensação de escala é extremamente importante
Flexibilidade e adaptabilidade	Um mesmo SRV pode ser alocado a diversos usos

Sobre as imagens, sabemos que elas têm um papel importante no processo da aprendizagem humana e são, provavelmente, o principal conteúdo dos nossos pensamentos, independente da modalidade sensorial em que são percebidas (auditivas, visuais, sensitivas, etc...). Todavia, a imagem mental não é uma simples cópia do real. As imagens, na sua qualidade de forma superior, sejam elas reprodutoras (que evocam acontecimentos ou objetos conhecidos) ou antecipadoras (que representam, por imaginação figural, acontecimentos ainda não percebidos), por si só não constituem um conhecimento, e a representação do dado percebido somente pode se constituir em conhecimento quando se apoia

sobre a compreensão operatória das transformações que dão conta deste dado. (PIAGET, 1977, p. 525)

Dito de outra forma, as figuras nos dizem o que queremos que elas digam, não porque são cópias em relação ao objeto, mas porque a inteligência dedutiva do sujeito as compreendem.

Na mediação tecnológica, a captura, geração e transporte de imagens é na atualidade uma área muito pesquisada na Ciência da Computação, pois a utilização da imagem em ambientes de aprendizagem mediados por computador é intensa.

A Visualização Científica, que é aplicação de técnicas da Computação Gráfica para produzir imagens de fenômenos e dados complexos, e um exemplo do seu na educação é a visualização de dados médicos obtidos por diversos exames de diagnóstico por imagem. Estas imagens são muito usadas na educação médica.

A geração de imagens visuais, na Realidade Virtual, por sua natureza complexa, em todos os aspectos envolvidos (edição, captura, processamento, transmissão, armazenagem, visualização, etc...), implicam em recursos computacionais de grande monta. O uso de imagens digitais em larga escala, como apoio ao processo de aprendizagem, vem se difundindo rapidamente à bastante tempo. Entretanto, pesquisas sérias a respeito dos resultados obtidos com esta prática, não têm avançado na mesma velocidade. Em alguns casos, a prática tem demonstrado que experiências bem sucedidas em dado contexto não se repetem em um contexto semelhante. Entre as diversas razões destes insucessos, uma delas parece ser o desconhecimento do processo de aprendizagem humana por parte daqueles que projetam ou utilizam estes ambiente virtuais.

Sob a ótica da tecnologia, o desafio da edição, aquisição, processamento e visualização de imagens complexas, está sendo vencido. Cada vez mais temos imagens fidedignas e “quase” reais dos objetos. O desafio de usá-las adequadamente no apoio ao processo de aprendizagem caberá, com certeza, à Psicologia e à Pedagogia.

2.3 O fator humano na Realidade Virtual

Ao agir através da Realidade Virtual, o sujeito estará agindo em um mundo virtual. O real e o possível estarão sendo simulados por estes sistemas. Estão imbricados nesta interação, por serem indissociáveis, tantos os aspectos cognitivos do sujeito como os aspectos afetivos. Apesar das inúmeras pesquisas realizadas sobre a interação homem-máquina, ainda existe um grande número de questões sem respostas sobre este assunto. No quadro 2 estão listados alguns parâmetros envolvidos na interação homem-máquina nestes ambientes.

Quadro 2 – Interação homem-máquina na Realidade Virtual

θ Condições visuais:	θ Percepção de profundidade; θ Discriminação de cor; θ Visão passiva ou contemplativa; θ Visão ativa;
θ Condições de retorno:	θ Passivo de áudio; θ Ativo de áudio θ tátil; θ de força;
θ Coordenações:	θ mão-mão θ mão-olhos θ mão-ouvidos θ voz-ouvidos θ voz-olhos

Cabe aqui tecer algumas considerações sobre um importante item relativo à Realidade Virtual, que se refere aos efeitos colaterais no uso deste artefato. Doenças Cibernéticas, como são chamadas, englobam os efeitos adversos resultantes da exposição à Realidade Virtual. Entre os efeitos conhecidos estão:

- enjôo;
- distúrbios visuais;
- problemas com a coordenação motora;
- problemas de equilíbrio, tontura e
- fadiga.

Algumas pesquisas estão sendo conduzidas, visando buscar alternativas para contornar estes problemas, que são de difícil solução. Entretanto, em alguns casos, como nos tratamentos de algumas anormalidades físicas ou psíquicas, estes efeitos podem ser úteis, pois podem ajudar na recuperação destas pessoas portadoras destas anormalidades.

Por ser um item de extrema importância relacionado a Realidade Virtual, cabe também algumas palavras sobre os aspectos afetivos existentes no uso desse artefato. Como

já foi dito, o sujeito, ao interagir com a Realidade Virtual, sabe que está agindo sobre um mundo simulado. Nele, o mundo virtual, todos os objetos, eventos, situações, etc., são simulados pela tecnologia digital. Sabemos que pilotar uma aeronave num simulador de vôo tem características psicológicas diferentes daquelas existentes na ação em uma aeronave real. Um erro fatal no comando de uma aeronave em pleno vôo, em situação de risco e lotada de passageiros, pode ter desdobramentos radicalmente diferentes do mesmo erro em um vôo simulado. Isto com certeza faz diferença no comportamento do sujeito. Inúmeros estudos estão sendo levados a cabo com o objetivo de melhor comparar e avaliar o comportamento humano frente a situações simuladas e situações reais.

2.3 Sobre um exemplo de uso da Realidade Virtual na educação

Até este momento os métodos de ensino de medicina não acompanharam os avanços que ocorreram na tecnologia e no conhecimento construído nesta área. Ainda hoje, em algumas áreas da Medicina, o aprendizado se dá, preferencialmente, através da leitura de livros e dissecação de cadáveres. As limitações impostas na dissecação de cadáveres, no entanto, são consideráveis pois, estes, após dissecados não podem ser reaproveitados. Uma das razões que impedem o avanço dos métodos de ensino na medicina é a falta de pesquisa nesta área.

Nas técnicas cirúrgicas, grande parte do aprendizado se dá, na maioria das vezes, nas salas cirúrgicas, com pacientes em casos reais.

While the technology used in the operating room has advanced steadily over the past century, the methods by which surgeons learn how to operate have remained virtually unchanged. (DOWNES, 1998, p. 1)

No aprendizado de técnicas cirúrgicas é necessário que se exercitem os mesmos procedimentos inúmeras vezes: quanto mais exercitar um procedimento cirúrgico, mais o médico estará apto para realizá-lo. A citação abaixo bem reflete isto:

An internationally know expert in eye surgery has told the authors that “it takes thousands of operations to become really proficient”. Who would like to be the first hundreds of cases? (BURDEA 1994, p. 260)

No intuito de poder contornar as limitações impostas pelas condições hoje existentes na educação e prática médica, existem diversas iniciativas que procuram fazer uso da tecnologia digital (computadores, simuladores, etc, ...) no apoio do aprendizado de conceitos na medicina. A área das cirurgias, por ser crítica e de alta complexidade, tem sido particularmente alvo de inúmeras pesquisas neste sentido. Também em outras áreas, como diagnóstico clínico, diagnóstico por imagem, entre outras, têm ocorrido importantes pesquisas no uso destes aparatos digitais.

Um exemplo do uso da Realidade Virtual na educação e prática é no apoio ao aprendizado de técnicas videocirúrgicas. A Realidade Virtual, como artefato de apoio ao processo de habilitação de profissionais em cirurgias é, atualmente, bastante utilizada, porém de forma experimental. Existem alguns poucos protótipos comerciais disponíveis. Através de instrumentos como o Phantom, que simula os instrumentos usados nessas cirurgias, é possível criar ambientes de aprendizado. Os instrumentos destes ambientes podem capturar as ações (força e movimento) do aprendiz, apresentando imagens mais ou menos similares às do interior do corpo humano.

3 Conclusões

Como já dissemos, se uma situação pertence a uma classe de situações bem dominada, esquemas podem ser definidos como invariantes funcionais do comportamento do sujeito para esta classe de situações. Entretanto, se o sujeito se defronta com uma nova situação e não tem competência para tratá-la, ele vai buscar relações entre esta nova situação e aquelas que lhe eram conhecidas, podendo desta forma, adaptar ou criar novos esquemas. Desta forma,

nous considerons que les situations sont équivalentes quant les schèmes qu'elles évoquent sont comparables.(GOMES, 1999, p. 301)

Esses conceitos nos remetem para algumas das questões-chaves relacionadas ao uso da Realidade Virtual na educação:

- Quão fiel precisa ser a Realidade Virtual, na simulação de situações de aprendizado, para que essas situações possam ser consideradas similares ou análogas às aquelas que o sujeito se defrontará, quando da situação real?
- Que exercícios poderão ser criados e simulados na Realidade Virtual, de tal forma que os esquemas adaptados ou criados pelo sujeito durante o aprendizado no uso deste artefato, possam ser válidos e úteis na prática das situações reais?

Resumindo, podemos concluir que, se a Realidade Virtual simular situações suficientes análogas ao real, o seu uso, como um artefato de apoio a construção do conhecimento e da aprendizagem, é possível. Além disso, também é viável, pois com certeza a tecnologia dará conta de produzir ambientes virtuais cada vez mais fiéis ao real e economicamente acessíveis. Entre as suas inúmeras vantagens, a ilimitada capacidade de exercício proporcionada pela Realidade Virtual nos parece a mais importante. Em algumas situações, quanto mais exercitar, mais habilitado estará o aprendiz. E, quanto mais habilitado estiver este aprendiz, menor serão suas chances de cometer erros durante as situações reais.

4 Referências bibliográficas

- (BURDEA, 1994, pag. 260) Burdea, G., Coiffet, P., Virtual Reality Technology, John Wiley & Sons, INC, New York, 1994.
- (DOWNES, 1998, pag. 1)) Downes, M., Cavusoglu, M. C., Gantert, W., Way, L., Tendick, F., Virtual Environments for Training Critical Skills in Laparoscopic Surgery, in Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality VI, IOS Press, Amsterdam, 1998.
- (GOMES, 1999, pag. 301) Gomes, A., S., Developpement Conceptuel Consecutif a l'Activite Instrumentee, Tese submetida para obtenção de grau Doutor, Université Paris V - Rene Descartes, Paris, 1999.
- (MANETTA, 1995) Manetta, C., Blade, R., Glossary of Virtual Reality Terminology, in the International Journal of Virtual Reality, vol 1, n°2, IJVR, 1995.
- (PIAGET, 1977) Piaget, J., Inhelder, B., A imagem mental na criança, Livraria Civilização - Editora, Porto, 1977.
- (PIAGET1977B) Piaget, J., A tomada de consciência, Melhoramentos, Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.
- (PIAGET1978) Piaget, J., Fazer e compreender, Edições Melhoramentos - Editora da USP, São Paulo, 1978.
- (SHERMAN, 1992)) Sherman, B., Judkins, P., Glimpses of Heaven, Visions of Hell: Virtual Reality and its implications, Hodder and Stoughton, London, 1992.