

Técnicas de Realidade Virtual Aplicadas ao Ensino na Área da Construção

A. Zita Sampaio
Dep. Eng^a. Civil e Arq., IST
Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa
zita@civil.ist.utl.pt

P. Gameiro Henriques
Dep. Eng^a. Civil e Arq., IST
Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa
pgameiro@civil.ist.utl.pt

P. Studer Ferreira
Bolseiro POCTI/FCT

Sumário

A presente comunicação descreve a criação e a manipulação de um modelo virtual de interesse didáctico no domínio dos processos construtivos em Engenharia Civil. A aplicação desenvolvida corresponde ao modelo de uma parede dupla de alvenaria, uma das componentes de uma construção corrente. De modo a poder simular-se visualmente a construção da parede, o modelo geométrico gerado é composto por um conjunto de elementos representando cada uma das componentes construtivas. Por recurso a um sistema virtual, são aplicadas sobre o modelo da parede propriedades específicas próprias de um ambiente de simulação virtual. Por interacção directamente com o modelo, é possível controlar a progressão do processo construtivo da parede e aceder a informação relativa a cada elemento, nomeadamente, a sua composição e a fase da sua execução ou montagem em obra, de acordo com determinado planeamento. Demonstra-se, com este exemplo, como a tecnologia de realidade virtual pode ser vantajosamente utilizada na elaboração de material didáctico de grande interesse na formação na área de processos construtivos.

Palavras-chave

Novas tecnologias de ensino, realidade virtual, simulação visual de processos construtivos.

1. INTRODUÇÃO

A presente comunicação descreve um modelo físico evolutivo capaz de simular visualmente as fases construtivas e de admitir interacção nesse processo [Sampaio03]. O modelo virtual foi desenvolvido no âmbito de um projecto de investigação em curso no *IST/ICIST - Virtual reality in optimization of construction project planning* [Henriques02] [Henriques01].

A realidade virtual pode ser descrita como um conjunto de tecnologias que, apoiadas no uso de computadores, simulam a realidade existente ou a realidade projectada. Esta nova ferramenta permite aos seus utilizadores, a participação em ambientes tridimensionais, possibilitando-lhes que interajam com objectos virtuais. Uma das características mais importantes da realidade virtual, e que foi explorada neste trabalho, é ser interactiva [Vince98]. Isto é, a realidade virtual não se limita apenas a uma visualização passiva desse mundo mas permite que o utilizador possa interagir com ele (mover objectos, por exemplo). Adicionalmente, o mundo virtual responde em tempo real a tais acções.

Uma outra propriedade de grande interesse na realidade virtual é a sua capacidade de imersão. Isto é, permite que o utilizador, usando dispositivos específicos, tenha a sensação de se encontrar fisicamente presente num mundo imaginado. Num modelo de edifício mais completo que o apresentado, haveria naturalmente

interesse em desenvolver também esta vertente, a qual requer dispositivos mais complexos que os utilizados neste estudo.

O sistema de realidade virtual utilizado neste trabalho, o sistema EON [EON01], baseia-se numa programação por objectos usando a linguagem JAVA. O modelo tridimensional do cenário pretendido é definido, previamente, num sistema de modelação sendo, posteriormente, inserido no sistema de realidade virtual. Para o propósito desta aplicação, o modelo criado foi definido como um conjunto de objectos de modo a permitir, no ambiente virtual, a imposição de determinadas acções (translações, rotações, ocultação, alteração de textura, ...) a cada objecto do modelo de uma forma individualizada ou a determinado grupo de objectos. Definidas as relações e acções pretendidas para o modelo, o utilizador pode desencadear cada acção, de um modo interactivo, através de um dispositivo mecânico.

Por recurso a técnicas de realidade virtual, é possível obter uma representação animada do processo construtivo da componente de edifício analisada. A par da simulação visual é apresentada, conjuntamente, a informação relativa ao processo construtivo, útil aos profissionais usualmente envolvidos no projecto, nomeadamente, as precedências das actividades, a especificação do material

utilizado na fase visualizada e os seus detalhes construtivos.

Descrevem-se, de seguida, os processos de modelação de uma parede exterior de um edifício corrente e da associação de capacidades virtuais ao modelo criado com vista à exibição interactiva da sua edificação. O modelo de uma parede dupla em alvenaria, incluindo a estrutura de betão armado envolvente e os elementos de vão definidos na parede, foi criado por recurso a um sistema gráfico de modelação tridimensional de uso generalizado em gabinetes de projecto, o sistema AutoCAD [AutoCAD02]. O ambiente virtual foi imposto ao modelo através do sistema de realidade virtual referido [EON01].

2. CRIAÇÃO DO MODELO TRIDIMENSIONAL

Sendo o exemplo de aplicação apenas parte de uma construção, mas significativa na composição da mesma, procurou-se incluir no caso analisado os diferentes tipos de elementos estruturais, estéticos e funcionais.

Numa parede exterior de um edifício corrente é necessário considerar os elementos estruturais das fundações e do pórtico. Foram, assim, modeladas duas sapatas, uma viga de fundação, um pilar e uma viga superior. Os elementos do modelo são representados por paralelepípedos e relacionados de acordo com a sua usual disposição em obra, formando o modelo representado na Figura 1.

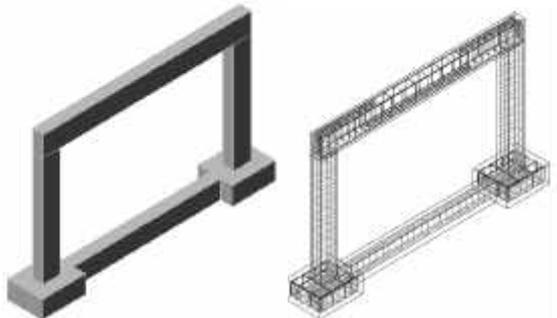


Figura 1: Fases da modelação dos elementos estruturais.

O material destes elementos estruturais é o betão armado. Assim, o modelo da estrutura deverá considerar ainda o modelo das armaduras. Os varões de cada armadura são representados como elementos tubulares de secção circular, com as adequadas dimensões e localização em relação às superfícies dos paralelepípedos envolventes de forma a respeitar o recobrimento regulamentar. Os varões que compõem cada armadura são agrupados formando objectos únicos e não entidades isoladas traduzindo assim, com uma maior aproximação, o modo de actuar em obra.

Na exibição animada do processo construtivo da parede, é permitida a observação em detalhe da pormenorização de armaduras no interior dos elementos estruturais segundo qualquer ponto de vista, possibilitando, assim, por parte do formando a avaliação da dificuldade que ocorre em obra na dobragem e montagem de varões, em especial nas zonas de sobreposição de armaduras (Figura 2).

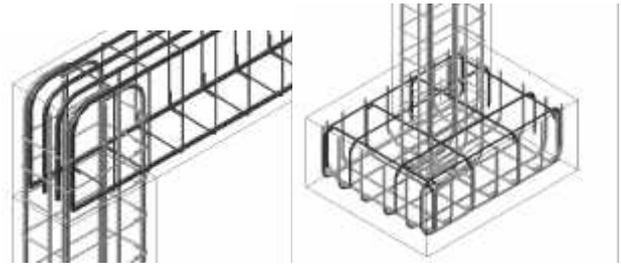


Figura 2 - Acomodação de varões nas zonas de ligação entre elementos estruturais.

O tipo de alvenaria seleccionado corresponde a uma parede exterior e é formada por duplo painel de tijolo cerâmico com uma caixa de ar. A Figura 3 inclui a representação em corte da parede modelada.

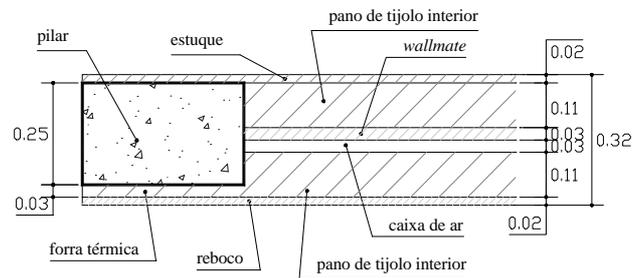


Figura 3: Representação em corte da parede dupla de alvenaria.

A Figura 4 representa o modelo tridimensional da parede composto pelos distintos painéis verticais considerados e pelos elementos estruturais envolventes (representados apenas pelas arestas).

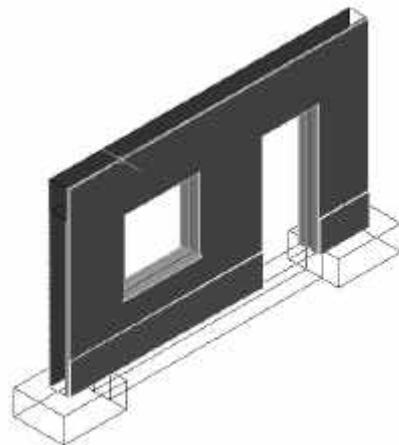


Figura 4: Representação dos painéis verticais do modelo da parede.

Cada painel foi modelado como um elemento individualizado de modo a poder ser adicionado, durante a animação virtual, ao modelo da parede simulando a sua evolução física em obra.

De forma a ilustrar uma situação frequente, admitiram-se inseridos na parede dois elementos usuais de vão, uma porta e uma janela. Na sua modelação foram definidos, como objectos individualizados as distintas peças que

compõem a cantaria, os aros, os elementos móveis e a caixa de estore.

3. MODELO MANIPULADO EM AMBIENTE VIRTUAL

A Figura 5 inclui uma projecção do modelo completo da parede. O modelo foi, de seguida, transferido para o sistema de realidade virtual EON (no formato de ficheiro de desenho com a extensão .3ds).

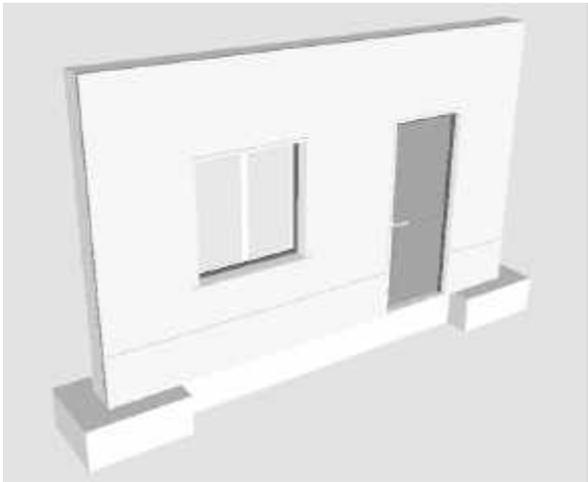


Figura 5: Representação de modelo completo da parede.

A imagem incluída na Figura 6 apresenta o ambiente de trabalho do sistema EON.

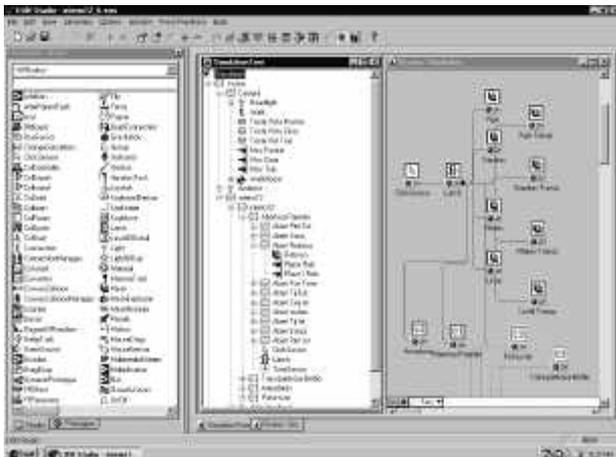


Figura 6: Ambiente de trabalho do sistema EON Studio 3.0.1.

A janela da esquerda contém um quadro de nós ou acções (de movimento, sensoriais, ...) disponíveis no sistema. A janela central é designada por árvore de simulação, pois nela são apresentados os objectos que compõem dado cenário e é o lugar onde são associadas, a cada objecto ou grupo, as acções a impor. É, pois, essencialmente através desta janela que é programada a simulação virtual pretendida. Na janela da direita são estabelecidas as ligações entre os diversos nós definindo-se uma rede. Nela são identificados os nós de origem e de destino da ligação e o modo de desencadear dada acção.

3.1 Apresentação em explosão dos painéis verticais do modelo

Uma representação animada possível de desenvolver no sistema EON, e de grande interesse académico, é a apresentação em explosão dos painéis constituintes da parede. Esta animação permite a observação da configuração de cada um dos painéis e identificar a ordem com que em obra devem ser colocados na formação da parede.

Como cada painel vertical da parede (dois panos de tijolo, forra térmica, placa isolante, reboco, estuque e duas camadas de pinturas) foi modelado como um elemento independente, é possível impor a cada um movimentos de translação individualizados. A animação foi programada de modo que cada objecto se deslocasse de uma posição inicial (todos os elementos justapostos formando a parede) para uma final (apresentação explodida) e que, posteriormente, retomasse a sua posição de serviço. O sentido da translação foi considerado normal à parede. O início da acção é comandado de um modo interactivo.

No sistema EON, a imposição de um movimento de translação a um objecto é obtida associando dois nós (ou acções) do tipo *place*, ao modelo geométrico do elemento a deslocar. Um dos nós irá permitir a caracterização do movimento desde uma posição inicial até a alterada e o outro irá traduzir o movimento de reposição. Na árvore de simulação incluída na Figura 7, pode identificar-se, por exemplo, o grupo designado por *Abert Pint Ext*, composto pelo modelo *Pintura Ex* e os deslocamentos *Place Pext* e *Place1 Pext*.

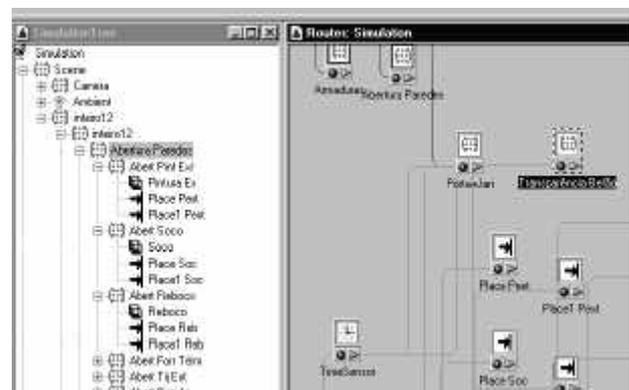


Figura 7: Detalhes do controlo da animação.

A Figura 8 apresenta as duas situações limite da animação programada, a posição inicial e em explosão.

3.2 Visualização da evolução do processo construtivo

Foi programado, no sistema EON, um outro tipo de animação de interesse didáctico, a simulação visual do processo construtivo da parede, de acordo com um determinado planeamento. Para o efeito foram consideradas 23 fases construtivas. A ordem com que os elementos vão sendo exibidos e incorporados ao modelo virtual traduz o modo de evolução física de uma parede em obra.

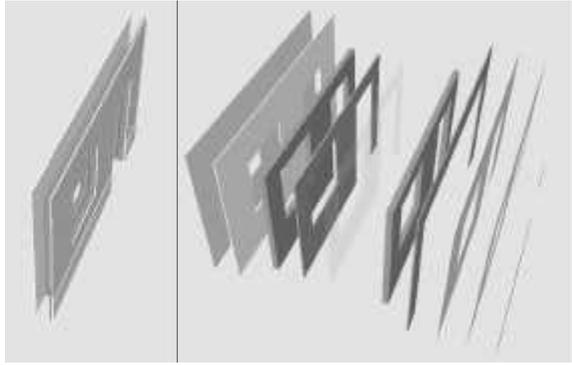


Figura 8: Posições dos painéis em serviço e em explosão.

Em simultâneo com a visualização de cada fase é apresentado um texto contendo dados relativos à etapa exibida, nomeadamente, a sua ordem na sequência construtiva, a descrição da actividade e a caracterização do material do elemento incorporado. Estes dados são colocados, junto ao canto superior direito do visor, numa posição fixa independente do movimento da câmara. Deste modo, o utilizador terá a informação sempre exibida enquanto efectua aproximações, deslocações ou rotações com a câmara sobre o modelo. A Figura 9 apresenta o modelo correspondente a uma fase construtiva, podendo observar-se, à direita e em cima, o texto informativo associado.

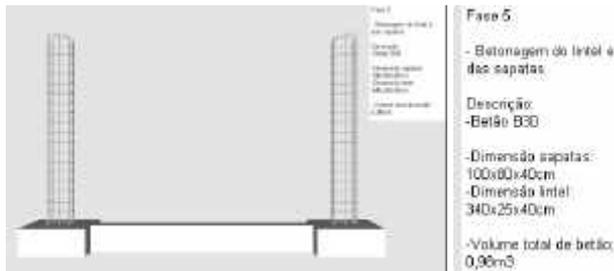


Figura 9: Representação de uma fase do modelo e do texto correspondente.

Incluiu-se sob a janela de visualização da cena virtual, uma barra de progressão da construção (Figura 10). Ao longo da animação a barra vai sendo preenchida com pequenos rectângulos simbolizando a percentagem edificada à altura da fase apresentada, em relação à completa construção da parede.

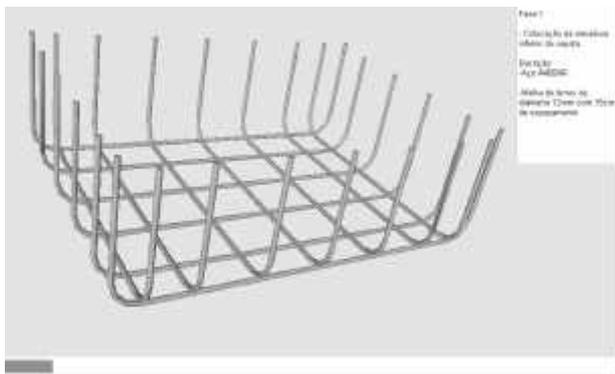


Figura 10: Visualização de fase e barra de progressão.

A animação pode ser apresentada com uma sequência lógica de construção ou com retrocesso do processo (para reapreciação de algum pormenor construtivo de algum passo anterior). Para a observação de uma fase precedente deverá ser seleccionado um rectângulo, sobre a barra de progressão. A correspondente fase é, então, visualizada.

Durante a exibição é possível destacar o elemento incorporado em cada nova fase e observá-lo em detalhe. Esta possibilidade foi introduzida na animação por ser de interesse didáctico. Possibilita a observação de pormenores de forma de cada elemento a colocar em obra e como eles se inserem na parede (Figura 11).

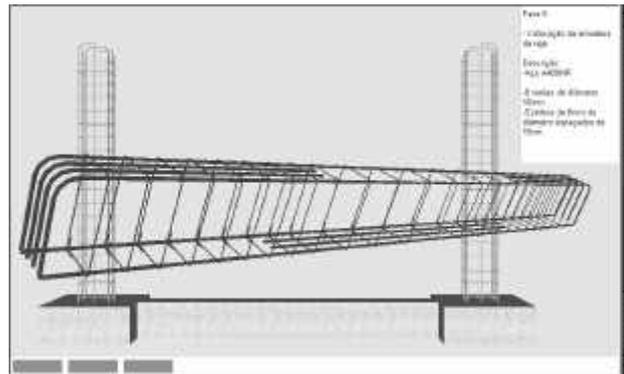


Figura 11: Visualização de elemento destacado do modelo.

Em cada fase é possível observar o modelo com a aproximação e a orientação de câmara que mais se adequa a uma correcta percepção dos detalhes dos elementos construtivos. Por exemplo, é possível observar na Figura 12 os detalhes de forma que os painéis de tijolo e a placa de isolamento devem apresentar de modo a poderem, em obra, alojar a caixa do estore. Para que o modelo possa representar uma situação realista, na execução das componentes do modelo houve a preocupação em definir a sua configuração com suficiente detalhe e rigor.

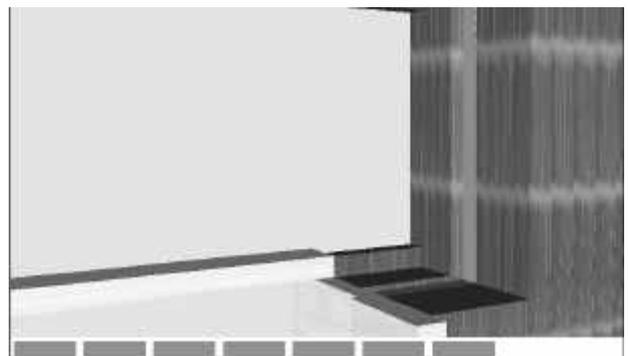


Figura 12: Detalhes da parede na zona da caixa de estore.

Adicionalmente, poderá ser exibida uma apresentação em explosão dos elementos construtivos formados por distintas peças (Figura 13).

O utilizador interage com o modelo impondo o destaque do elemento e, de seguida, a sua apresentação em explosão. As situações incluídas na figura resultam de se

ter efectuado um percurso com a câmara em torno do modelo de forma a seleccionar a perspectiva que melhor esclareça quanto aos detalhes considerados na modelação das peças.



Figura 13: Orientação de câmara sobre modelo com caixa de estore em explosão.

O modelo criado é utilizado em disciplinas afins à construção nos cursos de Engenharia Civil e Engenharia e Gestão Industrial ministrados no Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Primeiro, a exibição é controlada pelo docente, evidenciando os aspectos que crê serem de interesse durante a exposição da matéria relacionada com os domínios focado no modelo. De seguida, o próprio aluno interage directamente, avança e retrocede na sequência construtiva, destaca elementos e observa. Não se admitiu neste fase que o modelo pudesse exibir distintas constituições da parede, sendo esse aspecto uma evolução a estudar posteriormente.

A atenção e interesse demonstrada pelos formandos incentivam os promotores a uma maior divulgação noutras cadeiras e cursos.

4. OUTRAS APLICAÇÕES

Outras componentes de edifício e distintas situações construtivas podem ser modeladas e manipuladas em cenários virtuais, para objectivos idênticos. Por exemplo, a construção de diversos tipos de cobertura ou a amostragem de tecnologias construtivas aplicadas na execução de paredes de contensão de solos.

5. CONCLUSÕES

A presente comunicação descreve uma aplicação de técnicas de realidade virtual na simulação visual da construção de uma componente de um edifício. Demonstra-se, com o exemplo apresentado, como a tecnologia de realidade virtual pode ser utilizada na elaboração de material didáctico de interesse na formação no domínio de processos construtivos.

O modelo gerado representa uma parede dupla de alvenaria. O formando pode interagir com o modelo virtual de modo a desencadear a sequência construtiva exigida em obra, retroceder nesse processo, destacar

elementos da parede e analisá-los em detalhe, observar como distintas peças de um elemento construtivo se conjugam entre si e se incorporam no modelo, conhecer a descrição de cada fase e possíveis materiais a empregar.

Por recurso a modelos virtuais, os formandos podem aprender novas técnicas construtivas, acompanhar a sequência de operações num determinado planeamento ou analisar as forma detalhadas das componentes de uma obra. Não pretendendo substituir, naturalmente, as visitas *in loco* a obras, os modelos virtuais ajudam a entender os procedimentos relacionados com a construção, que a simples observação de imagens, as quais normalmente apresentam fases finais.

A temática da construção requer usualmente uma explicação do modo de aplicar ou executar dada tecnologia, por fases. À semelhança do modelo desenvolvido também o princípio da exibição sequencial pode vantajosamente ser aplicado.

6. AGRADECIMENTOS

O trabalho desenvolvido insere-se no âmbito do projecto de investigação em curso no IST/ICIST - *Virtual reality in optimization of construction project planning* POCTI/1999/ECM/36300 [Henriques99], financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e participado pelo fundo comunitário europeu FEDER.

7. REFERÊNCIAS

- [AutoCAD02] AutoCAD - User manual, Release 2002, Autodesk, Inc. 2002.
- [EON01] Introduction to working in EON Studio, EON Reality, Inc., 2001.
- [Henriques02] Henriques, P., Sampaio A., Visual simulation in building construction planning, 4th European Conference on Product and Process Modelling, pg. 209-212, Portoroz, Eslovénia, 2002.
- [Henriques01] Realidade virtual e o projecto de construção, Henriques, P.; Sampaio, A. e Braz, H., Congresso Nacional de Construção, pg. 357-363, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2001.
- [Henriques99] Henriques, P., Sampaio A., Bento, J., Braz, H., Programa do projecto de investigação: Virtual reality in optimization of construction project planning, POCTI/1999/ ECM/36300, IST/ICSIT, 1999.
- [Sampaio03] Sampaio, A., Henriques, P., Studer, P., Visualização do processo construtivo de uma parede de alvenaria modelada em ambiente virtual, Relatório ICIST, DTC nº03/03, IST, Lisboa, 2003.
- [Vince98] Vince, J., Virtual reality systems. *ACM SIGGRAPH Books series, Addison-Wesley*, ISBN 0201876876, 1998.