

Visualização em Ambiente Virtual da Execução Gráfica de uma Cobertura: uma Aplicação Didáctica

Alcília Z. Sampaio
Dep. Eng^a. Civil e Arq., IST
Av. Rovisco Pais, 1000-001 Lisboa
zita@civil.ist.utl.pt

Carlos Oliveira Cruz
Dep. Eng^a. Civil e Arq., IST
Av. Rovisco Pais, 1000-001 Lisboa
ccruz@civil.ist.utl.pt

Sumário

Esta comunicação descreve a aplicação de tecnologias de modelação geométrica e de realidade virtual no desenvolvimento de um modelo didáctico relacionado com o traçado da cobertura de edifícios. O modelo apoia a exposição da matéria de representação cotada aplicada ao desenho de coberturas. No contexto desta temática o aluno é solicitado a efectuar a representação plana da cobertura, tendo como base um entendimento tridimensional do processo construtivo associado. O modelo virtual desenvolvido apresenta o modo de execução de uma cobertura utilizando os elementos gráficos usuais no traçado plano mas visualizados na sua disposição espacial. A aplicação prática do modelo virtual tem como objectivo principal o apoio a disciplinas num ensino presencial. A utilização de técnicas de realidade virtual no desenvolvimento de aplicações com um carácter didáctico traz novas perspectivas ao ensino em Engenharia.

Palavras-chave

Simulação visual, realidade virtual, ensino, representação gráfica.

1. INTRODUÇÃO

Actualmente, na execução de um projecto, a utilização de novas tecnologias computacionais, nomeadamente, os sistemas gráficos e em particular os de **modelação tridimensional** (3D), contribuem muito positivamente para uma melhoria na transmissão de informação técnica rigorosa e, no geral, na compreensão da configuração espacial do meio. A sua expressão ultrapassa o desenho ou a fotografia. Aqueles sistemas permitem a criação de modelos definidos a três dimensões, proporcionando distinto tipo de projecção plana, sem limites de localização do ponto de vista, orientação e distância de observação. O entendimento da forma real é, evidentemente, bastante mais intuitiva.

Adicionalmente, a tecnologia de realidade virtual (RV) tem vindo a ser aplicada como um complemento à modelação 3D, conduzindo a uma melhor comunicação entre os intervenientes num processo, seja na formação seja na actividade profissional. Essa comunicação é particularmente relevante na apresentação de processos que sejam definidos através de etapas sequenciais como em geral o é a **aprendizagem de novas matérias curriculares**. No contexto profissional podem apontar-se, nas áreas da Arquitectura e da Engenharia, o apoio à concepção [Petzold07], a apresentação do projecto [Khanzode07] ou o acompanhamento da construção [Leinonen03]. A aplicação de RV no treino cirúrgico [Perez08] e laboratorial [Bell04] constitui um registo de modelos formativos.

Numa escola de Engenharia tem cabimento uma actualização permanente dos recursos computacionais de uso

frequente em gabinetes, os quais devem ser introduzidos na formação do aluno, levando à adaptação de programas curriculares de disciplinas. Na área do Desenho essa adaptação tem vindo a ser gradual, acompanhando os novos **produtos gráficos de apoio ao traçado e à modelação**. Actualmente, a disciplina de Desenho Assistido por Computador (Mestrado Integrado em Engenharia Civil, no Instituto Superior Técnico) contempla o ensino de um sistema gráfico objectivado para o apoio à actividade do Engenheiro. A sua introdução é complementada com noções básicas de **Computação Gráfica**.

Além do ensino dos novos recursos gráficos disponíveis e divulgados com uma maior frequência na actividade profissional do Engenheiro, o corpo docente da Escola deverá também procurar acompanhar essa actualização e adaptar a sua metodologia de ensino às novas **ferramentas de comunicação visual**. É, naturalmente, enriquecedor para o docente conhecer as novas soluções gráficas de apresentação. Quais as suas capacidades e que exemplos de aplicação, no campo da formação/instrução, existem que possam ser moldadas às características da sua especialidade. A sensibilização dos docentes, com uma formação técnica baseada no resultado numérico, para o uso destes meios não é imediata, pois a área da representação é frequentemente desvalorizada. No entanto, o engenheiro reconhece que após seu o “trabalho de cálculo” a apresentação do seu produto final é fortemente valorizado se for realizado com base em soluções multimédia. É pois incontestável que os meios visuais trazem largas vantagens à comunicação projectista/cliente. Contudo, a

mudança de mentalidade do docente em admitir que também o processo de aprendizagem do aluno possa ser francamente facilitada com a exposição de certos conteúdos curriculares ou apenas de a complementar com um esclarecedor suporte visual e interactivo, é um procedimento que requer tempo. Terá de haver um trabalho inicial de divulgação na Escola de apresentação de modelos apelativos, de forma a captar o interesse de outras disciplinas e de formalizar grupos de actuação interdisciplinares (área de modelação + outras especialidades), com vista à realização de modelos de interesse nessas outras áreas. Para a criação de um modelo didáctico é requerida uma análise pormenorizada de qual a matéria a apresentar, de que elementos interessa identificar para serem visualizados e de qual o modo pedagogicamente mais adequado de a expor, nomeadamente, a sequência de apresentação e o grau de detalhe dos elementos a exhibir. Assim, a constituição de grupos interdisciplinares é crucial para a definição de modelos interactivos didácticos eficazes, num âmbito técnico em Engenharia.

O domínio da Engenharia Civil tem naturalmente, dada a sua natureza, bastantes conteúdos susceptíveis de serem tratados para o fim da criação de modelos de apoio didácticos.

2. MODELOS VIRTUAIS NO ENSINO

As matérias curriculares, usualmente expostas através de meios tradicionais, como sejam os textos descritivos, os exercícios gráficos, as imagens, as fotografias, os desenhos traçados no quadro ou, mais recentemente, já apresentadas através de dispositivos de multimédia, podem com vantagem ser **apoiadas nas novas tecnologias** baseadas em **modelação 3D e RV**.

Nesse sentido foram elaborados três modelos virtuais didácticos, no âmbito do desenvolvimento da área de Computação Gráfica, actividade em curso na Secção de Sistemas de Apoio ao Projecto, do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, do Instituto Superior Técnico (IST). As aplicações interactivas criadas estão relacionadas com matérias susceptíveis de serem apresentadas de uma forma evolutiva e animada em cenários tridimensionais.

No processo de modelação das aplicações foi necessário estabelecer claramente qual o objectivo da sua criação, pois o tipo de elementos a modelar e o grau de detalhe com que é definido depende da intenção com que o modelo é construído. Estes serão então definidos em função do tipo de matéria a leccionar e do nível de ensino do formando. A criação de modelos didácticos requer pois **conhecimentos técnicos e critérios de ordem pedagógica**.

Os dois modelos anteriormente criados inserem-se no domínio dos processos construtivos em Engenharia Civil. As aplicações desenvolvidas referem-se à construção de uma **parede de alvenaria** [Sampaio03] (figura 1) e de uma **ponte** [Sampaio04] (figura 2).

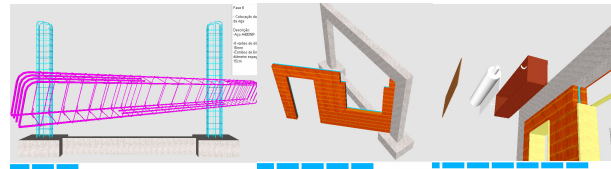


figura 1: Etapas da simulação da construção de parede.

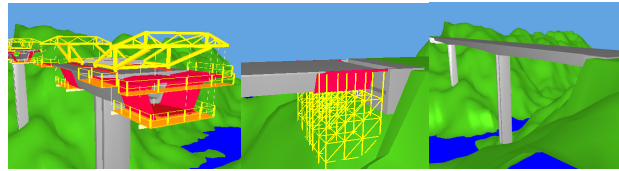


figura 2: Etapas da simulação da construção de ponte.

No seguimento daqueles exemplos, propôs-se a geração de um modelo didáctico relacionado com a execução gráfica de uma **cobertura** [Sampaio08a]. O presente texto descreve a aplicação de tecnologias de modelação geométrica 3D e de realidade virtual no desenvolvimento de um modelo didáctico relacionado com o **traçado de coberturas**.

Este modelo apoia a exposição da matéria de representação cotada aplicada ao desenho de coberturas [Sampaio08]. No contexto desta temática o aluno é solicitado a efectuar a representação plana da cobertura, tendo como base um entendimento tridimensional do processo construtivo associado. O modelo virtual desenvolvido apresenta o modo de execução de uma cobertura utilizando os elementos gráficos usuais no traçado plano mas visualizados na sua disposição espacial. Assim, no desenvolvimento do modelo da cobertura, interessou destacar os elementos de apoio à sua execução gráfica, e os modos como eles são incorporados no modelo final. Deste modo o modelo **apoia a aprendizagem da metodologia de execução inerente ao traçado de coberturas**.

3. REPRESENTAÇÃO DE COBERTURAS

A representação por projecção cotada é um tópico da área do Desenho incluído no conteúdo programático da disciplina de Desenho Assistido por Computador (DAC). Esta representação utiliza apenas a vista obtida por projecção horizontal, a planta, mas associada a valores numéricos, as cotas, e grafismo relacionado com o espaço tridimensional complementando o desenho.

Para a execução de uma cobertura são requeridos como dados iniciais do problema: a especificação do **contorno** geométrico do telhado e o valor da **inclinação** de cada uma das águas que o compõem [Sampaio08]. Com base nessa informação é traçada em planta a correspondente cobertura (figura 3).

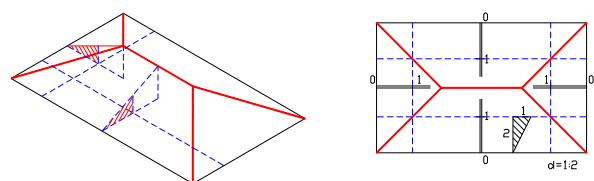


figura 3: Representação 3D e plana de cobertura.

No processo da sua execução gráfica é necessário recorrer à utilização de elementos auxiliares de traçado: os **triângulos de rebatimento** e as **rectas de nível**. Estes elementos são representados sobre a planta mas identificam entidades tridimensionais.

O ensino desta temática tem sido introduzido directamente com base na representação plana: o traçado de triângulos rebatidos, a execução de rectas de nível projectadas no plano horizontal e a determinação de arestas de intersecção entre águas. De forma a contribuir para algum esclarecimento adicional relativamente ao entendimento espacial do problema, o docente acompanha a exposição desta matéria com a apresentação de modelos visualizados em projecção isométrica (figura 3).

De modo a clarificar a percepção tridimensional inerente ao processo construtivo do traçado gráfico de uma cobertura foi criado um modelo didáctico onde toda a metodologia subjacente à sua execução é apresentada em **ambiente interactivo virtual**. Este modelo contribui efectivamente para uma melhoria na interpretação das entidades gráficas requeridas no processo de traçado no plano, uma vez que esses elementos são apresentados correctamente no seu posicionamento espacial e são visualizados com uma amostragem faseada acompanhando o processo construtivo gráfico.

4. DEFINIÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL

Para a definição da envolvente virtual de simulação foi requerida a representação 3D de todos os elementos que compõem o cenário. A sua modelação geométrica foi efectuada por recurso ao sistema gráfico *AutoCAD* [AutoCAD08], tendo sido posteriormente transposto o modelo criado para o sistema de realidade virtual *EON Studio* [EON07], procedendo-se à definição da animação interactiva pretendida.

4.1 Modelação geométrica

A figura 4 inclui o contorno da cobertura considerada e a distribuição de declives estabelecida para cada uma das águas. Admitiram-se dois valores de inclinação de águas distintos de forma a ilustrar dois modos de procedimento gráfico.

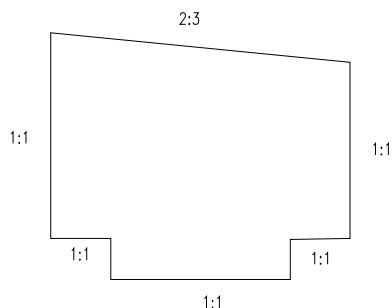


figura 4: Contorno da cobertura e declives das águas.

A metodologia de traçado de coberturas compostas por mais de quatro águas requer a subdivisão inicial do contorno em polígonos quadrangulares (figura 5).

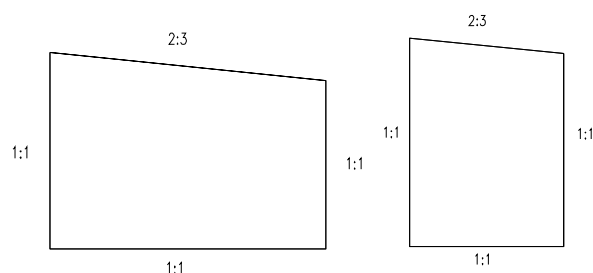


figura 5: Decomposição em contornos de 4 águas.

O modelo virtual foi programado de modo a apresentar a construção detalhada da cobertura sobre uma das bases trapezoidais seguindo-se o processo de intersecção dos dois blocos. Assim foi necessário proceder à representação 3D de (figura 6):

- Dois **contornos** trapezoidais individualizados (base de duas coberturas de 4 águas);
- Dois **triângulos** representativos dos declives admitidos (1:1 e 2:3);
- **Rectas de nível** de cota unitária para cada água, relativas a uma das coberturas, formando uma linha poligonal fechada;
- Superfícies das **4 águas** para cada um dos contornos.

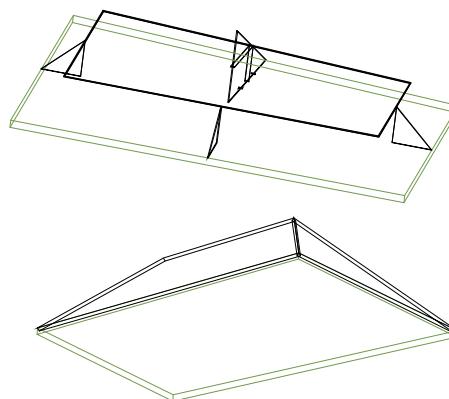


figura 6: Modelos 3D dos elementos gráficos da cobertura.

Todos os elementos foram criados como modelos sólidos, e não com elementos de superfície, com o objectivo de pudermos ser reconhecidos pelo sistema de realidade virtual como objectos aos quais pudessem ser associadas acções (como por exemplo, inserção no ambiente virtual ou translação).

A imagem incluída na figura 7 ilustra um pormenor de um triângulo de rebatimento (declive 2:3) e a respectiva recta de nível de cota 1, permitindo a observação de qual o procedimento a aplicar neste tipo de situação de inclinação de água de uma cobertura.

4.2 Sistema de realidade virtual

O programa de realidade virtual a que se recorreu na programação da simulação da construção da cobertura é o sistema *EON Studio 5.0* [EON07]. O sistema apresenta um ambiente de trabalho composto essencialmente por três janelas (figura 8):

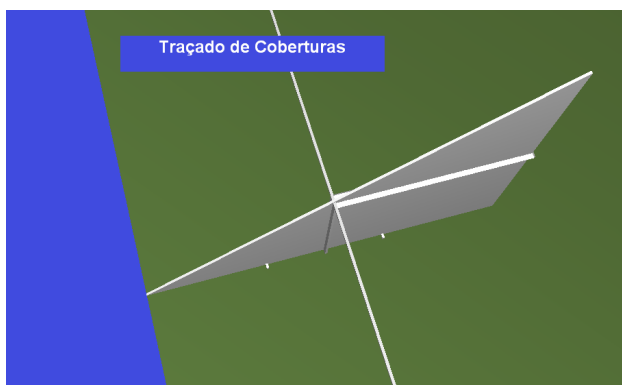


figura 7: Modelos 3D de um triângulo de rebatimento.

- A **janela dos nós** (*Nodes*, esquerda) contém as acções, organizadas por tipo (de movimento, sensoriais, interacção com o utilizador...), que são utilizadas na programação por objectos das animações virtuais;
- Na **árvore de simulação** (*Simulation Tree*, central) são identificados os objectos 3D que compõem dado cenário, é estabelecida a hierarquia entre componentes do ambiente e são associadas as acções (seleccionadas a partir do quadro dos nós) a impor a cada objecto;
- A **janela das propriedades** (*Property Bar*, direita) apresenta as características de cada elemento permitindo definir as suas características físicas (material, luz, opacidade, etc.) e a escala e posicionamento relativamente à origem.

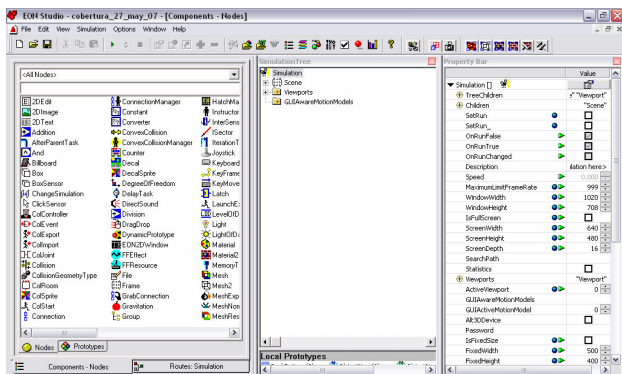


figura 8: Ambiente de trabalho do EON.

Todos os elementos necessários à apresentação do cenário de construção gráfica do telhado, foram arquivados no formato *3D Studio* de ficheiros de desenho. De seguida, são importados pelo sistema *EON*. A correspondente árvore de simulação apresenta-se na figura 9.

O sistema admite ainda uma rede de simulação (*Routes: Simulation*) onde são associadas acções a cada elemento geométrico ou nó. É através desta rede que é imposta a programação da interactividade (duração de acção, modo de interacção ou valor de deslocação/rotação). A figura 9 apresenta um detalhe da rede de simulação programada para esta aplicação. Nela é possível observar alguns nós e as diferentes ligações estabelecidas entre eles.

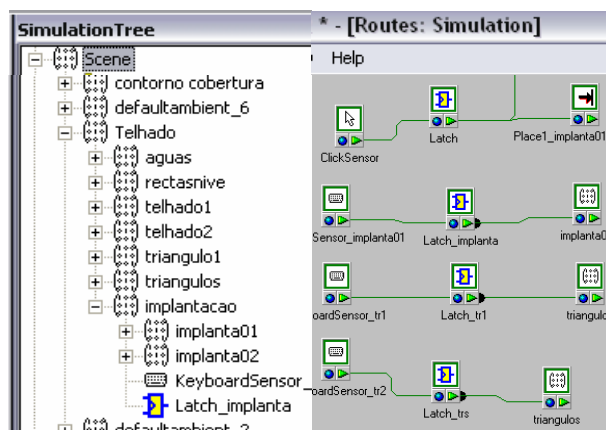


figura 9: Identificação dos elementos e rede de simulação

4.3 Interação com o modelo

A programação efectuada conduz a uma animação do modelo com a seguinte sequência (figura 10):

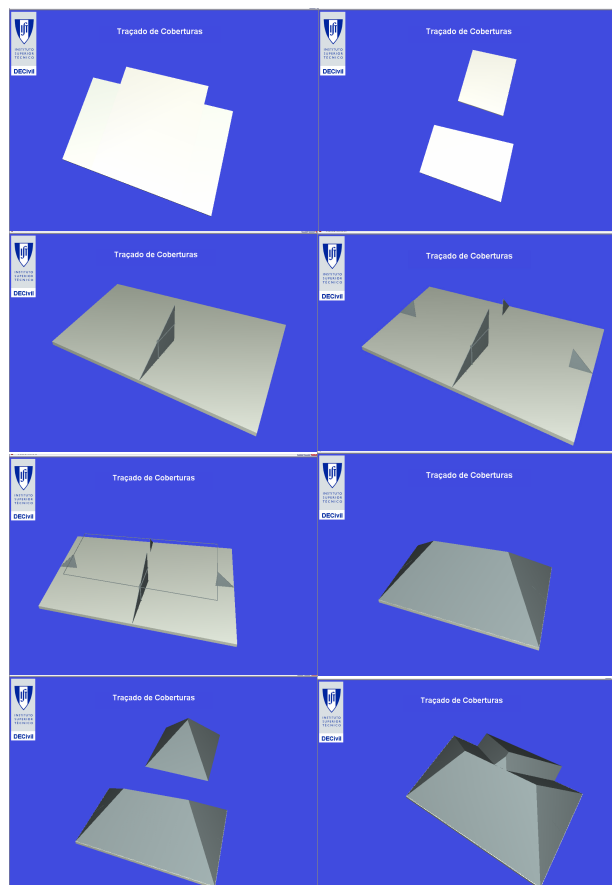


figura 10: Sequência da animação.

1. Apresentação do contorno inicial;
2. Subdivisão do contorno em dois polígonos;
3. Colocação do triângulo de declive 2:3 junto a um dos beirais;
4. Inserção de triângulos de declive 1:1 posicionados normais a cada beiral;
5. Introdução do polígono de nível à cota devida;
6. Inclusão dos planos representativos das 4 águas;

7. Representação do segundo bloco da cobertura;
8. Intersecção dos dois blocos da cobertura.

O modelo permite interagir com o faseamento construtivo de modo a retroceder no processo e a manipular a câmara quanto à sua posição e afastamento em relação ao modelo geométrico (figura 11).

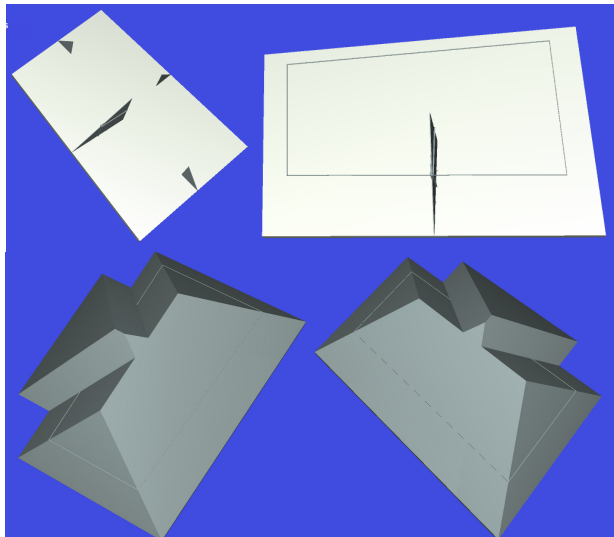


figura 11: Retrocesso e pontos de vista distintos.

5. ASPECTOS DIDÁCTICOS

O objectivo final deste modelo é apresentar o telhado completo construído com base nos conceitos de representação cotada aplicada ao traçado de coberturas. Nesse sentido foram identificados (e modelados) os elementos de traçado a que o aluno deve recorrer na representação de coberturas idênticas em projecção plana.

A intersecção dos dois blocos de telhado ilustra claramente como se devem executar telhados com mais de 4 águas. O processo da sobreposição dos blocos é, normalmente, o aspecto que apresenta maior dificuldade de assimilação por parte do aluno e também aquele que se torna mais complexo de expor claramente através da forma tradicional, directamente em projecção plana. O modelo 3D interactivo é bastante claro quanto ao processo de interferência geométrica das duas coberturas e da metodologia que conduz ao resultado final. Durante a interacção é visível o movimento de translação relativa dos blocos de cobertura e o modo como as suas configurações vão sendo alteradas, desde uma posição afastada dos dois telhados até à formação final composta.

O modelo foi colocado na página da disciplina podendo ser manipulada pelos alunos. O aluno deverá obter a aplicação *EON Viewer* disponibilizado em <http://download.eonreality.com>.

6. CONCLUSÕES

A tecnologia de realidade virtual foi aplicada num modelo geométrico 3D de forma a ser criada uma aplicação didáctica de interesse na disciplina de DAC. A matéria envolvida requer uma compreensão espacial que segundo os modos tradicionais de docência é exposta sobre o pla-

no. O produto desenvolvido apoia a explicação da temática relacionada com a construção de coberturas simples e mais complexas (normalmente de mais difícil apreensão por parte dos alunos).

A introdução de novas tecnologias na elaboração de material didáctico ao nível do ensino superior e técnico é uma vantagem que deve ser divulgada e aplicada. Outros modelos virtuais podem ser criados, principalmente em matérias susceptíveis de serem descritas por fases evolutivas. As aplicações com esta característica revelam de um modo mais evidente qual a vantagem da utilização de técnicas de realidade virtual, frente à simples manipulação de modelos completos e não decomponíveis.

A aplicação prática do modelo virtual tem como alvo principal o apoio a disciplinas num ensino presencial. Adicionalmente pode ser utilizado numa formação à distância apoiada em tecnologia *e-learning*. O envolvimento de técnicas de realidade virtual no desenvolvimento de aplicações com um carácter didáctico traz novas perspectivas ao ensino em Engenharia.

7. REFERÊNCIAS

- [AutoCAD08] AutoCAD 2008 – Educational version, LTI/DECivil, IST.
- [Bell04] J.T. Bell, H.S. Fogler, The application of Virtual Reality to (Chemical Engineering) education, *2004 Virtual Reality*, Chicago, USA, 2004, 217-218.
- [EON07] Introduction to working in EON Studio 5.5, *EON Reality, Inc.*, 2007.
- [Khazode07] A. Khazode, M. Fisher, D. Reed, Challenges and benefits of implementing virtual design and construction technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing systems on large healthcare project, *CIB 24th W78 Conference*, Maribor, Eslovénia, 2007, 205-212.
- [Leinonen03] J. Leinonen, K. Kähkönen, A. Retik, New construction management practice based on the virtual reality technology, livro: *4D CAD and Visualization in Construction: Developments and Applications*, A.A. Balkema Publishers, 2003, 75-25.
- [Perez08] J.F. Perez, R. Barea, L. Boquete, M.A. Hidalgo, M. Dapena, Cataract surgery simulator for medical education & finite element/3D human eye model, *CISTI 08, 3^a Conf. Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, Ourense, Espanha, 2008, vol. 1, 545-556.
- [Petzold07] F. Petzold, O. Bimber, C. Tonn, CAVE without CAVE: on-site visualization and Design Support in and within existing building, *eCAADe 07, 25th Conf. of Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe*, Frankfurt, Alemanha, 2007, 161-168.
- [Sampaio03] A.Z. Sampaio, P. Henriques, Building activities visualized in virtual environments, *eCAADe 07, 25th Conf. of Education and Research in Com-*

puter Aided Architectural Design in Europe, Frankfurt, Alemanha, 2007, 85-89.

[Sampaio04] A.Z. Sampaio, P. Henriques, P. Studer, R. Luiz, Modelo virtual da construção de uma ponte: uma aplicação didáctica em Engenharia, *Interação 2004, 1ª Conferência Nacional em Interação Pessoa-Máquina*, Lisboa, 2004, 131-134.

[Sampaio08] A.Z. Sampaio, Representação de coberturas em 2D e 3D por recurso a sistema gráfico com base na projecção cotada, *relatório DTC/ ICIST nº 11/08*, IST, Lisboa, 2008.

[Sampaio08a] A.Z. Sampaio, C.O. Cruz, Visualização em ambiente virtual da execução gráfica de uma cobertura, *relatório DTC/ ICIST nº 10/08*, IST, Lisboa, 2008.