

Modelo Virtual da Construção de uma Ponte: Uma Aplicação Didáctica em Engenharia

Alcnia Z. Sampaio
Dep. Eng^a. Civil e Arq., IST
Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa
zita@civil.ist.utl.pt

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

Pedro Studer
Rui Luizi
Dep. Eng^a. Civil e Arq., IST
Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa

Sumrio

Nesta comunicao descreve-se um modelo virtual desenvolvido na rea de processos construtivos em Engenharia Civil. O modelo criado permite a simulao visual da construo de uma ponte pelo mtodo de avanos sucessivos. O modelo geomtrico do tabuleiro da ponte foi criado atravs de um sistema de modelao de tabuleiros de pontes implementado no mbito de um projecto de investigao no ICIST/DEC. Na programao da simulao visual da actividade de construo da ponte foi utilizado o sistema de realidade virtual EON Studio. A aplicao prtica do modelo virtual da construo de uma ponte tem como alvo a formao em processos construtivos num ensino presencial e numa formao  distncia apoiada em tecnologia e-learning.

Palavras-chave

Simulao visual, realidade virtual, aplicao didctica, processos construtivos.

1. INTRODUO

Este trabalho insere-se no mbito das actividades de dois projectos de investigao em curso no Instituto da Construo do Instituto Superior Tcnico (ICIST): *Automatically generating model of bridges graphic representation* - POCTI/1999/ECM/36328 [Sampaio99], da responsabilidade de A. Zita Sampaio e *Virtual reality in optimization of construction project planning* - POCTI/1999/ECM/36300 [Henriques99], coordenado por Pedro G. Henriques.

Durante o perodo de aplicao do projecto de investigao referente a pontes, foi implementado um sistema computacional grfico que permite a modelao geomtrica do tabuleiro da tipologia em caixo unicelular [Sampaio99]. Por recurso a este sistema foram gerados os modelos tridimensionais (3D) das aduelas do tabuleiro necessrios na simulao visual da construo da ponte [Sampaio00]. A aplicao de capacidades virtuais sobre o modelo da ponte foi efectuada por recurso ao sistema de realidade virtual, *EON studio*, [EON03]. Este sistema foi j anteriormente utilizado no desenvolvimento de outras aplicao no mbito do projecto de investigao relacionado com estas tcnicas de visualizao [Sampaio03].

2. CASO DE ESTUDO

De entre os exemplos de tabuleiro modelados atravs do sistema grfico de pontes, seleccionou-se o Viaduto Norte da Ponte da Quinta [GRID95] como o caso a representar em ambiente virtual. O tabuleiro do viaduto apresenta uma seco transversal em caixo monocelular

e a sua altura varia parabolicamente ao longo de trs tramos. Uma das tcnicas construtivas mais aplicada, associada a esta tipologia,  o mtodo de construo de tabuleiros por avanos sucessivos.

Segundo este mtodo,  inicialmente betonada uma primeira aduela, sobre cada pilar, com um comprimento suficiente para a instalao, sobre ela, do equipamento de trabalho. A construo do tabuleiro realiza-se simetricamente, a partir de cada pilar, por aduelas de extenso da ordem dos 3 a 6m. A continuidade do tabuleiro  efectuada atravs da execuo de uma aduela de fecho de cerca de 2m unindo os tramos em balano.

Para se poder manipular em ambiente virtual os trabalhos da construo da ponte foram criados, alm dos modelos 3D de cada aduela do tabuleiro, os modelos dos pilares, carrinhos de avano, encontros e cimbres. As aduelas foram criadas por recurso ao sistema de representao de pontes referido e os restantes elementos atravs do sistema grfico *AutoCAD* [AutoCAD02]. Todas as componentes do cenrio da construo foram transpostas para o sistema de realidade virtual, procedendo-se, de seguida,  definio da animao pretendida.

3. MODELAO DOS ELEMENTOS QUE FORMAM O AMBIENTE DE CONSTRUO

3.1 O tabuleiro

O programa de modelao do tabuleiro permite a descrio geomtrica do tabuleiro, de um modo directo. Para tal, a interface desenvolvida apresenta esquemas associados a parmetros relativos a dimensos,

facilitando a descrição da geometria estabelecida em cada caso concreto de tabuleiro. A imagem incluída na figura 1 apresenta a interface correspondente à caracterização da secção transversal do tabuleiro.

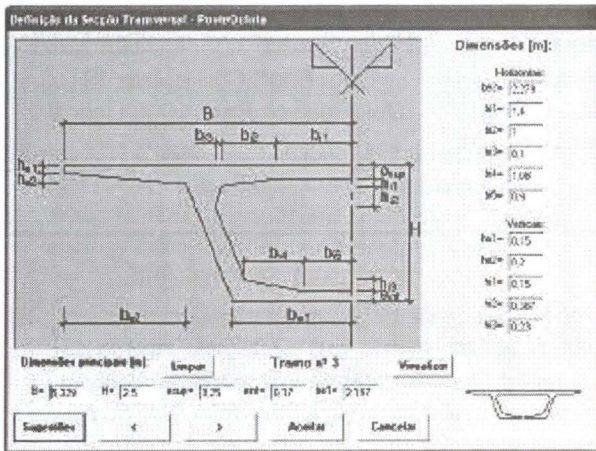


figura 1: Interface de descrição de secção transversal do tabuleiro do Viaduto Norte da Ponte da Quinta

De forma idêntica, são descritas a morfologia longitudinal do tabuleiro e a geometria do traçado da via de comunicação, relativamente à zona de implantação da ponte. Com base naquela informação geométrica, o sistema gráfico de pontes determina, de um modo automático, secções transversais ao longo do tabuleiro. A configuração e posicionamento espacial de cada uma são determinadas com bastante rigor.

Utilizando os dados relativos às secções geradas, o sistema cria os desenhos e os modelos 3D do tabuleiro. Para a definição dos modelos 3D das aduelas do tabuleiro são utilizadas as secções geradas nas juntas construtivas. A configuração apresentada pelos modelos das aduelas é rigorosamente exacta. A figura 2 apresenta uma das aduelas.

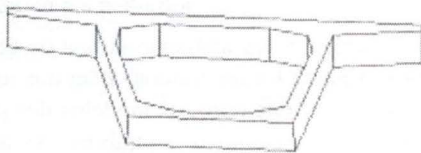


figura 2: Projecção do modelo 3D de uma das aduelas

3.2 O equipamento de avanço

Por recurso ao sistema *AutoCAD*, procedeu-se à modelação do equipamento de avanço, o qual é composto, não só pelo carrinho móvel, mas também pela cofragem adaptável à dimensão de cada aduela, pelas plataformas de trabalho associadas à cofragem e pelos carris sobre os quais os carros se movimentam (figura 3).

3.3 Os pilares, encontros, cimbres e terreno

Completando a estrutura da ponte, foram modelados os pilares e os encontros. Com base em pesquisa bibliográfica relativo a encontros para a tipologia de

tabuleiros em caixão criou-se o modelo que se inclui na figura 4.

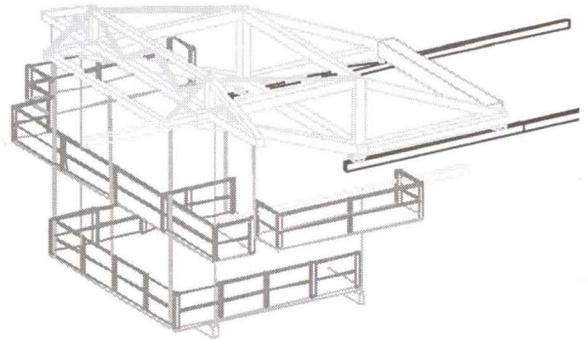


figura 3: Projecção de modelo 3D do equipamento de avanço

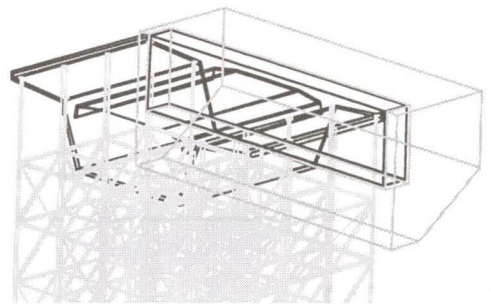


figura 4: Projecção do modelo 3D do encontro e cimbres

A extensão do tabuleiro complementar aos tramos em balanço junto aos encontros é betonada com cimbres ao solo. Foi criado um modelo em treliça simulando os andaimes a colocar nos extremos do tabuleiro (figura 4).

Foi ainda modelada uma superfície de terreno adequada à simulação da inserção de uma ponte. A superfície de terreno foi adaptada na zona de encontro de forma a representar o traçado da estrada que se estende sobre o terreno no prolongamento da superfície de rodagem do tabuleiro. Para tal, foram alterados pontualmente alguns nós da rede representativa do solo moldando os taludes de escavação e de aterro.

4. CRIAÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL

Gerados todos os modelos 3D do cenário da construção, estes foram transpostos, no formato de ficheiro de dados de extensão .3DS, para o sistema de realidade virtual.

A interface do sistema é composta por três janelas [EON03]: um quadro de nós ou acções (de movimento, sensoriais, ...); uma árvore de simulação; uma rede de ligações.

A imagem, incluída na figura 5, apresenta a árvore de simulação do caso presente. Podem identificar-se os modelos criados. Nesta janela é estabelecida a hierarquia entre as componentes do ambiente e são associadas as acções (seleccionadas a partir do quadro dos nós) a impor a cada modelo ou grupo. É pois através desta janela que é

programada essencialmente a simulação virtual pretendida. Neste caso, a sequência construtiva da ponte.

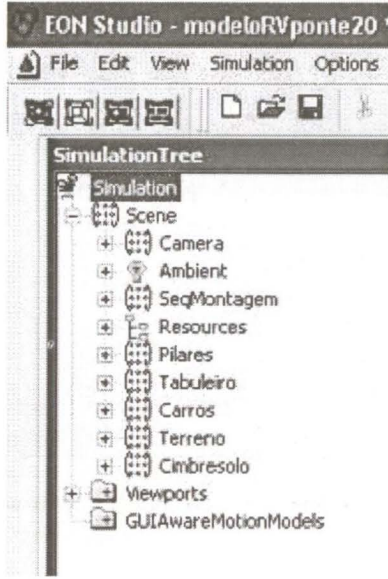


figura 5: Janela de simulação do sistema EON

A sequência de construção é definida com base num contador (nó *counter* na figura 6) que determina a acção seguinte quando premido um botão do rato. Esta ligação é imposta através da rede de ligações (janela *routes: simulation*, figura 6). A primeira acção consiste na inserção dos pilares (nó *Counter1* e modelo *pilares*, figura 6) no cenário inicial, composto apenas pela superfície de terreno.

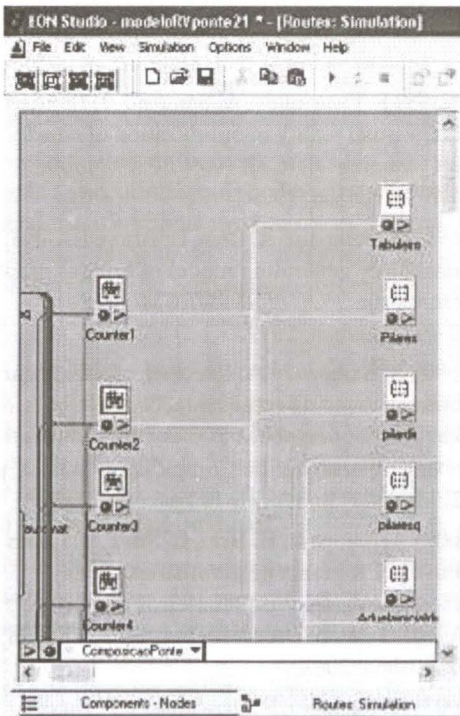


figura 6: Rede de ligação de nós e modelos

O passo seguinte corresponde à colocação de uma primeira aduela sobre cada pilar (figura 7).

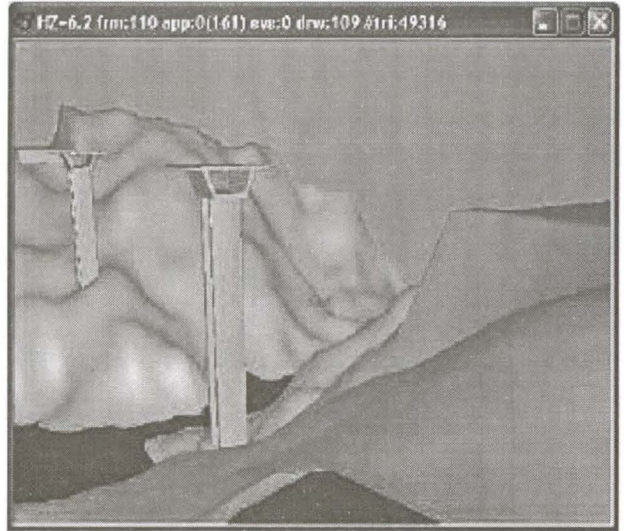


figura 7: Colocação de pilares e aduelas iniciais

Posteriormente, é colocado um carrinho de avanço sobre cada aduela. A construção é executada de um modo simétrico em relação a cada pilar e em simultâneo. Para a simulação da execução da primeira aduela em balanço (em cada tramo), são incluídos no cenário os quatro carrinhos de avanço, as correspondentes plataformas de trabalho e os elementos de cofragem (figura 8). Aproximando a câmara do modelo da ponte e impondo percursos em torno da zona de interesse, é possível visualizar os detalhes de forma dos elementos envolvidos no processo construtivo.

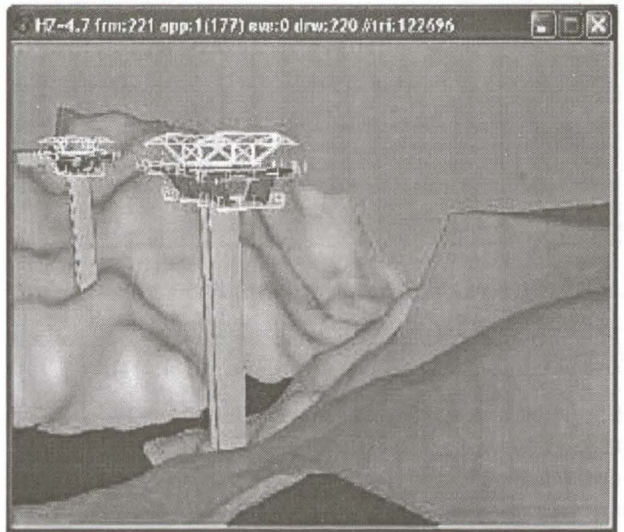


figura 8: Colocação de equipamento de avanço

Betonadas as primeiras aduelas prossegue-se a construção do tabuleiro por avanços sucessivos. São definidos dois pares de aduelas em cada fase. Para a execução de cada nova aduela são estabelecidos os seguintes passos: elevar o carrinho; movimentar os carris no sentido da construção (ficando sobre a última aduela betonada); deslocar o carrinho sobre os carris posicionando-o na zona de execução da aduela seguinte; efectuar a betonagem da aduela (figura 9).

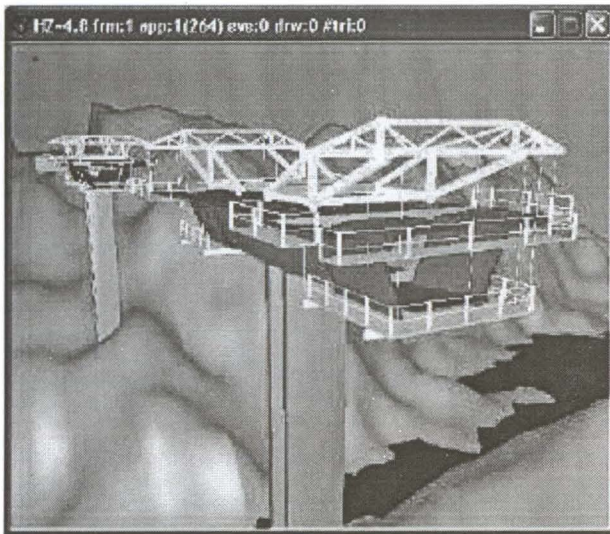


figura 9: Movimentação do equipamento de avanço

Construídos os tramos em balanço é executada a aduela de fecho (figura 10).

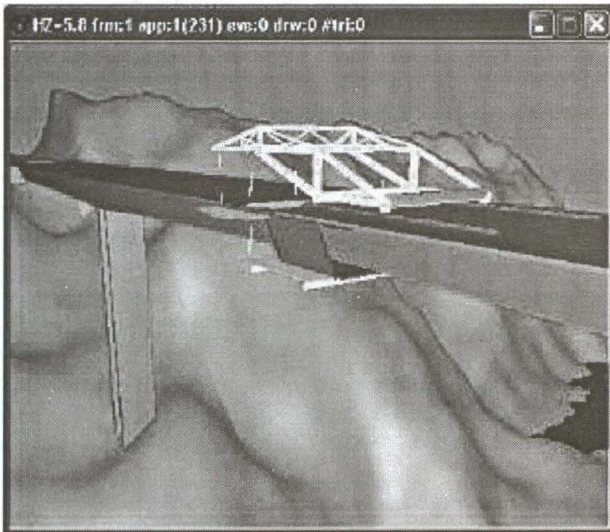


figura 10: Betonagem da aduela de fecho

Finalmente é executada a zona do tabuleiro junto aos apoios com o apoio de cimbre ao solo (figura 11).

5. CONCLUSÕES

O modelo virtual desenvolvido simula a construção de uma ponte pelo método de avanços sucessivos. O modelo virtual será colocado nas páginas WWW das disciplinas das áreas de construção e de pontes, da licenciatura em Engenharia Civil. O formando poderá interagir com o modelo através da aplicação *EonX* que pode ser obtida pela internet <http://download.eonreality.com>

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.

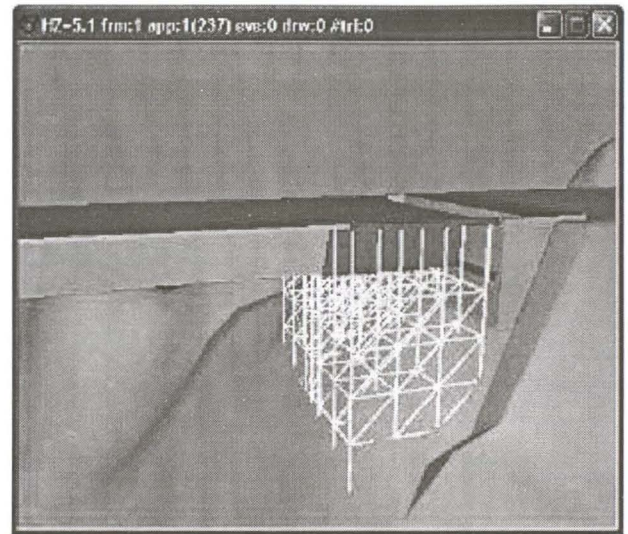


figura 11: Execução de zona do tabuleiro junto ao encontro

6. AGRADECIMENTOS

Os projectos de investigação envolvidos neste trabalho têm o suporte financeiro da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através de fundos atribuídos pelo programa FEDER.

7. REFERÊNCIAS

- [AutoCAD02] AutoCAD - User manual, Release 2002, *AutoDesk, Inc.*, 2002
- [EON03] Introduction to working in EON Studio, *EON Reality, Inc.*, 2003.
- [GRID95] GRID – Consultas Estudos e Projectos de Engenharia Lda., Projecto da via rápida do Funchal, 1ª fase - Projecto da Ponte da Quinta, Lisboa, 1995.
- [Henriques99] P. Henriques, A. Sampaio, J. Bento e H. Braz, Virtual reality in optimization of construction project planning, *POCTI/1999/ECM/36300, ICIST/FCT*, Lisboa, 1999.
- [Sampaio99] A. Sampaio, A. Reis, H. Braz e L. Silva, Automatically generating model of bridges graphic representation, *POCTI/1999/ECM/36284, ICIST/FCT*, Lisboa, 1999.
- [Sampaio00] A. Sampaio e A. Recuero, Modelo funcional de automatização de representações do tabuleiro de pontes: planos, perspectivas e estrutura discretizada, 9º Encontro Português de Computação Gráfica, pg. 87-92, Marinha Grande, 16-18 Fevereiro 2000.
- [Sampaio02] A. Sampaio, H. Braz, L. Silva, B. Lopes e R. Gouveia, Programa de automatização da representação gráfica de tabuleiros de pontes: Módulo de tabuleiro recto, *relatório DTC/ICIST nº 06/02*, Lisboa, 2002.
- [Sampaio03] A. Sampaio, P. Henriques e P. Studer, Técnicas de realidade virtual aplicadas ao ensino na área da construção, XII Encontro Português de Computação Gráfica, pg. 125-129, Porto, 8-10 Outubro 2003.