

# Modelação Expedita de Ambientes Virtuais Urbanos para Utilização em Dispositivos Móveis

Maximino Bessa      António Coelho      João Paulo Moura      José Bulas Cruz  
Centro de Estudos Tecnológicos, do Ambiente e da Vida (CETAV)  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro  
Quinta de Prados, Vila Real  
{maxbessa, acoelho, jpmoura, jcruz}@utad.pt

Fernando Nunes Ferreira  
FEUP  
Rua Dr. Roberto Frias, Porto  
fnf@fe.up.pt

Alan Chalmers  
University of Bristol  
alan.chalmers@cs.bris.ac.uk

António Augusto de Sousa  
FEUP / INESC Porto  
Rua Dr. Roberto Frias, Porto  
aas@fe.up.pt

---

## Resumo

A evolução da tecnologia dos dispositivos de computação móveis levou ao aparecimento de um conjunto inovador de serviços e aplicações, enquanto o aumento da largura de banda das redes de comunicação sem fios permite a transmissão de uma maior quantidade de informação. Por outro lado, o aumento da precisão do GPS e a sua integração em plataformas móveis, torna estas adequadas para a prestação de serviços e aplicações baseadas no contexto do utilizador, quer em termos da sua localização geoespacial como também da tarefa que se encontra a efectuar.

Neste artigo é descrito o projecto 3D4LBMS, que tem por objectivo principal o desenvolvimento de processos expeditos para a criação de modelos tridimensionais extensos de ambientes virtuais urbanos, e a sua distribuição em dispositivos móveis através de redes sem fios, sob a forma de aplicações tridimensionais interactivas. Estas aplicações interagem com o utilizador de forma contextualizada com a sua localização geoespacial.

## Palavras-chave

Modelação 3D, Realidade Virtual, Sistemas L, SIG, Percepção Visual, Guias móveis.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A problemática da orientação e navegação em ambientes desconhecidos é uma questão que tem acoissado a humanidade, levando ao surgimento da cartografia e das ciências geográficas há vários séculos atrás. Os mapas 2D existentes são uma mais valia para tarefas de localização de um determinado local num ambiente desconhecido, graças à simplicidade do seu formato e à sua normalização. No entanto um mapa por si só não garante uma navegação eficaz uma vez que sendo uma representação abstracta do nosso mundo, requer um determinado conhecimento específico para a sua correcta interpretação.

Desde o seu nascimento, o ser humano tem uma percepção tridimensional do mundo envolvente, pelo que os mapas, sendo um suporte bidimensional, representam apenas de uma forma abstracta essa realidade. Por outro lado os mapas 3D têm a potencialidade de representar o nosso mundo de uma forma muito mais realista e tudo leva a crer que venham a ser adoptados por cada vez mais

utilizadores, não só por serem mais atractivos, mas também por serem bastante mais intuitivos [Schilling03].

Os desenvolvimentos tecnológicos da ultima década, os novos dispositivos móveis de que dispomos, as novas redes globais de telecomunicações que permitem cada vez um maior debito de dados, bem como a maior acuidade dos sistemas GPS, permitem-nos pensar em soluções móveis, tais como os guias electrónicos. Este novo tipo de tecnologia, potencia soluções de orientação de elevada precisão bem como o fornecimento de informação contextualizada com a localização do utilizador.

O projecto 3D4LBMS, que se aborda neste artigo, tem como objectivo principal a criação de modelos tridimensionais de ambientes urbanos e a sua disponibilização sob a forma de serviços móveis baseados na localização (LBMS – Location Based Mobile Services). No âmbito deste projecto, existem dois componentes principais: O primeiro denominado bloco de produção possibilita a construção dos ambientes virtuais urbanos de forma expedita, acedendo ao maior número possível de fontes de dados, enquanto o segundo componente, denominado

bloco de distribuição, potencia a distribuição destes ambientes virtuais ao utilizador (turistas, arquitectos, técnicos municipais, elementos das forças de segurança e de serviços de emergência).

Na secção seguinte são apresentados alguns trabalhos relacionados com o projecto 3D4LBMS. Na secção 3 é apresentado o projecto 3D4LBMS incluindo a sua arquitectura e funcionalidade básica. Na secção 4 descreve-se o processo de modelação expedito e na secção 5 o acesso interoperável às fontes de dados. Na secção 6 descreve-se a especificação de modelação XL3D e na secção 7 analisa-se a percepção visual para o desenvolvimento de metodologias de optimização dos modelos. Por último, na secção 8 faz-se a discussão dos resultados obtidos e finalmente na secção 9 são sintetizadas algumas conclusões e perspectivados alguns trabalhos futuros do projecto 3D4LBMS.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Os Sistemas de informação geográfica (SIG) podem fornecer um conjunto de dados de fácil análise acerca das nossas cidades. Métodos automáticos para modelação de grandes áreas urbanas já foram demonstrados por trabalhos como por exemplo [Pimentel01] e [Schilling03]. Utilizando técnicas de modelação procedimental, geram modelos geométricos extensos de edifícios e vegetação, no entanto, dado que a informação geográfica não inclui informação geométrica acerca dos aspectos visuais das entidades dos modelos gerados, não são geralmente muito detalhados ou realistas.

Um dos principais problemas para a automatização do processo de modelação é a amplificação de dados, ou seja, a capacidade de gerar novos dados a partir de um conjunto inicial reduzido, por incorporação de conhecimento. Gramáticas formais, como por exemplo os sistemas L, têm sido utilizadas em variadas aplicações no âmbito da computação gráfica, com maior relevância na modelação de fenómenos naturais e organismos [Deussen98], [Lane02] e [Prusinkiewicz01]. Adicionalmente, têm surgido alguns trabalhos aplicando os sistemas L à modelação expedita de ambientes urbanos extensos. Em [Parish01], são utilizados Sistemas L estendidos para derivar ruas e lotes de edifícios, e sistemas L paramétricos e estocásticos para gerar a geometria dos edifícios. Uma abordagem diferente é apresentada por Wonka [Wonka03], onde uma **split grammar** foi desenvolvida, com suporte num conjunto de regras baseadas no conceito de forma. Embora restringida à modelação automática de estruturas arquitectónicas, esta abordagem simplifica o processamento das coordenadas ao integrar o conceito de forma nas regras de produção. Outras abordagens como [Polys03] utilizam simplesmente uma folha de estilo XSLT de forma a converterem um documento XML existente para o formato X3D, sendo por isso uma solução menos flexível

Questões como a modularidade e a reutilização são críticas para que o processo de especificação da modelação seja célere e eficiente. O projecto CONTIGRA [Dachsel02] é claramente um bom exemplo de como a utiliza-

ção de XML para a especificação de aplicações gráficas 3D torna possível a integração e reutilização de componentes no processo do desenvolvimento de aplicações em X3D.

Apesar de condicionamentos como a largura de banda ou a reduzida dimensão dos ecrãs, têm sido desenvolvidas algumas aplicações comerciais que nos fornecem um conjunto de funcionalidades bastantes úteis para auxílio à navegação [CoPilote] [NavMan]. No entanto são protótipos de projectos como o TellMaris [Schilling03] e o SmartKom [Wahlster02] que nos fazem vislumbrar o futuro dos guias móveis onde mapas digitais 3D são utilizados em conjunto com uma série de novas interfaces, de forma a proporcionar ao utilizador uma experiência mais natural e intuitiva.

No projecto TellMaris é fornecido um mapa tridimensional da cidade de Tonsberg (na Noruega), que é utilizado por turistas para os ajudar a encontrar os pontos de interesse da cidade, tais como atracções turísticas, restaurantes, etc. O protótipo TellMarisGuide é baseado no **plugin** do Pocket Cortona [PocketCortona], que foi especialmente concebido para plataformas móveis. Este protótipo combina mapas tridimensionais com mapas bidimensionais, sendo possível o seu intercâmbio através dos comandos disponibilizados pela sua interface gráfica.

Noutro projecto denominado Lol@ (local location assistant) [Anegg02] foi desenvolvido um protótipo de um serviço baseado na localização para UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Este protótipo foi projectado para fornecer instruções aos turistas que visitam a cidade de Viena de Áustria acerca dos pontos de interesse existentes. Adicionalmente, são fornecidas instruções para que o turista se desloque entre dois determinados locais, proporcionando ao longo do percurso informação multimédia acerca das atracções turísticas.

Já no projecto SmartKom está a ser desenvolvida uma **framework** centrada no aspecto da interacção multimodal, utilizando gestos, a fala, e a mímica. Está também a ser desenvolvido um guia móvel que oferece serviços de navegação e informação utilizando GSM/UMTS para comunicação, e GPS para localização. A apresentação da informação é efectuada através de mapas, linguagem natural e de um agente de apresentação antropomórfico.

## 3. O PROJECTO 3D4LBMS

O projecto 3D4LBMS surge com o objectivo principal do desenvolvimento de um conjunto de processos expeditos para a criação de modelos tridimensionais extensos de ambientes virtuais urbanos, e a sua disponibilização como serviços móveis baseados na localização, através de redes de comunicação sem fios.

Este novo tipo de serviços pode ser amplamente adoptado não só para guias electrónicos para pedestres mas também em soluções desde o turismo virtual, a manutenção de infra-estruturas, ou planeamento urbano, entre outros.

A modelação de ambientes virtuais extensos, requer normalmente uma grande intervenção humana. Por outro lado, existe uma grande quantidade de informação sobre

os ambientes reais a modelar que provém de diversas fontes de informação, tais como SIG, bases de dados relacionais, documentos ou imagens. Toda esta informação tem grande potencial para a modelação tridimensional de ambientes virtuais, através de processos automáticos.

Um dos pontos-chave do sistema 3D4LBMS é a sua capacidade de prototipagem rápida de ambientes virtuais extensos e a possibilidade do seu refinamento progressivo de forma a atingir um maior nível de realismo.

Estes ambientes virtuais permitirão a diferentes tipos de utilizador, interagir com diferentes classes de informação através de apresentações visuais diversas, consoante o seu perfil.

### 3.1 Arquitectura

Uma das preocupações aquando da concepção do sistema 3D4LBMS, é que este fosse baseado numa arquitectura distribuída, com base na tecnologia dos serviços web, e que potenciase a interoperabilidade entre os diversos módulos que o compõem, ou com aplicações externas.

O sistema foi assim desenvolvido segundo dois blocos principais, tal como observado na figura 1: um bloco para a produção de modelos tridimensionais de ambientes urbanos, e um segundo bloco para a sua disponibilização de serviços em dispositivos móveis, através de redes de comunicação sem fios.

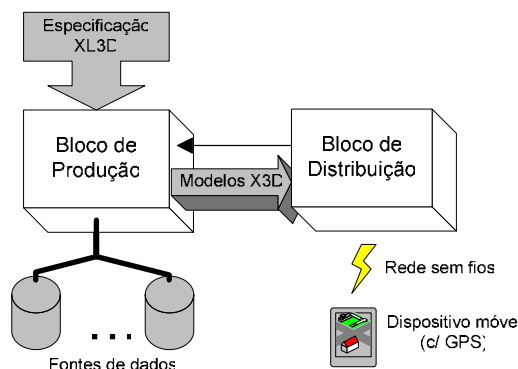


figura 1 – Arquitectura do sistema 3D4LBMS

O bloco de produção recebe uma especificação XL3D [Coelho03a], descrevendo os processos de modelação, bem como as fontes de dados a utilizar para determinados modelos. Após invocação pelo bloco de distribuição, o bloco de produção gera automaticamente os modelos 3D especificados, em formato X3D.

O bloco de distribuição recebe os modelos tridimensionais de ambientes urbanos e adapta-os para sua distribuição como serviços móveis baseados na localização, através de redes sem fios.

### 3.2 Bloco de produção

O bloco de produção tem como núcleo principal o modelador XL3D [Coelho05]. Este modelador automático reage em função de uma especificação de modelação, gerando modelos de cenas urbanas no formato X3D, que são

armazenados numa base de dados de modelos. Esta base de dados é posteriormente acedida pelo bloco de distribuição para compor a informação a ser enviada para os dispositivos móveis, de acordo com a sua localização e perfil dos utilizadores.

Como podemos observar na figura 2, o utilizador cria uma especificação de modelação utilizando um editor de documentos XL3D. Este documento é depois utilizado para invocar o modelador XL3D, que encontrando-se implementado como serviço Web, gera automaticamente os modelos urbanos.

Este processo poderá ser realizado sem a intervenção do utilizador quando, por exemplo, um servidor de LBMS recebe um pedido para que seja gerado um novo modelo. Neste caso o servidor de LBMS gera automaticamente um documento com uma especificação XL3D e invoca o sistema de modelação automático, que por sua vez irá gerar o modelo tridimensional pretendido. Esta flexibilidade potencia a integração do sistema de modelação num conjunto alargado de aplicações distribuídas.

Os dados a serem utilizados nos processos de modelação podem ser importados a partir de directórios de ficheiros, bases de dados ou a partir de serviços Web. No entanto todas estas fontes de dados devem ter um denominador comum, que é o formato XML. Utilizando folhas de estilo XSLT transforma-se toda a informação em cadeias modulares paramétricas, que são posteriormente concatenadas de forma a compor a cadeia inicial de dados a ser utilizada no processo de modelação.

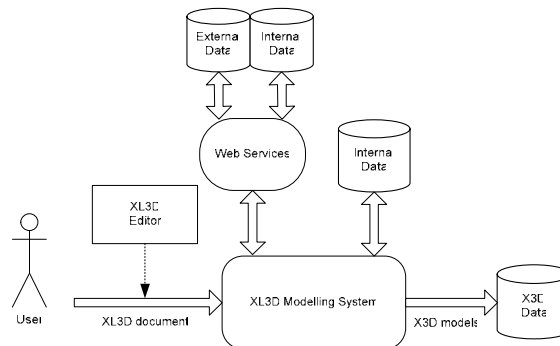


figura 2 -Módulos do processo de produção.

Cada processo de modelação é definido e controlado a partir de um conjunto de regras de produção utilizando sistemas L. A cadeia inicial é então transformada através de um processo iterativo até que uma solução satisfatória seja obtida. A cadeia final é interpretada para gerar uma cena X3D que representa o modelo tridimensional especificado pelo utilizador.

O modelador XL3D foi desenvolvido como um serviço Web, baseado na tecnologia .Net [DotNet]. Após a recepção da especificação de modelação é criado um conjunto de objectos que permite representar correctamente todas as regras de produção, protótipos e fontes de dados, incrementando o nível de eficiência e velocidade da geração de soluções de modelação.

### 3.3 Bloco de Distribuição

O desenvolvimento do bloco de distribuição baseou-se numa arquitectura cliente-servidor, tal com se observa na figura 3. Este componente encontra-se actualmente em desenvolvimento.

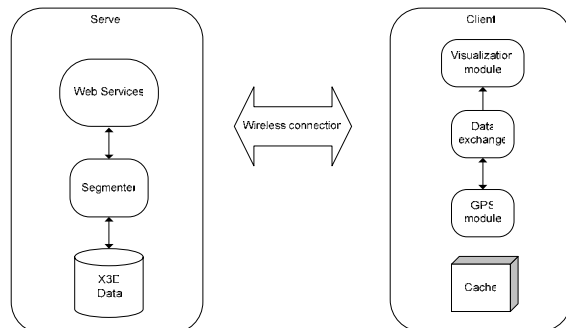


figura 3 – Bloco de distribuição

O dispositivo cliente (PDA, SmartPhone, etc) acede ao servidor, onde é realizada uma autenticação do serviço, e após a qual é-lhe enviada a sua localização (coordenadas obtidas por GPS). Por sua vez, o servidor responde com o modelo tridimensional da zona do modelo da cidade envolvente à localização do utilizador.

Para que a informação enviada não seja nem precária nem excessiva, está a ser desenvolvido um segmentador que irá ter em conta não só a localização do cliente mas também outros factores importantes como: geografia e topologia do modelo, a resolução do ecrã do dispositivo, a largura de banda disponível, ou o perfil do utilizador.

### 4. PROCESSO DE MODELAÇÃO EXPEDITO

O processo de modelação expedita do modelador XL3D [Coelho03b] baseia-se nos sistemas L (acrónimo de sistemas Lindenmayer) [Lindenmayer68] paramétricos, sensíveis ao contexto e estocásticos.

O conceito fundamental dos sistemas L é o de reescrita, ou seja, uma técnica que possibilita a definição de objectos complexos através da sucessiva substituição de partes de um objecto inicial utilizando um conjunto de regras de reescrita ou produção. Outro dos conceitos fundamentais no contexto dos sistemas L, é o de módulo, designando uma unidade construtiva discreta que é repetida à medida que o sistema se desenvolve. Exemplo concreto deste conceito é o dos ramos e das folhas no caso da modelação de uma árvore. No caso dos sistemas paramétricos cada módulo pode ter um conjunto de parâmetros associados.

No caso mais simples, os sistemas L de contexto livre, cada regra de produção substitui um módulo predecessor, por zero, um, ou mais módulos sucessores. No caso dos sistemas sensíveis ao contexto, a aplicabilidade de uma determinada regra de produção não depende apenas do módulo predecessor, mas também da sua vizinhança, ou seja, dos módulos posicionados à sua esquerda ou à sua direita na cadeia modular.

Um sistema L é definido a partir de um axioma, ou seja a cadeia de módulos inicial, e um conjunto de regras de produção que definem como o sistema irá evoluir ao longo da sequência de desenvolvimento. As regras de produção são aplicadas em paralelo, sendo reescritos todos os módulos simultaneamente em cada passo de derivação. A sequência de estruturas obtida em passos de derivação consecutivos a partir de uma estrutura inicial predefinida (axioma) denomina-se sequência de desenvolvimento.

Um sistema L desenvolve um determinado axioma, produzindo uma cadeia modular final que representa um determinado organismo ou entidade. Ao nível da Computação Gráfica, esta cadeia final terá que ser interpretação de forma a gerar a sua representação gráfica.

Tendo em conta a complexidade do processo de modelação, é desejado que exista a capacidade de dedução de novos dados. Estes podem ser deduzidos a partir dos sistemas L paramétricos, já que conferem uma grande capacidade de amplificação de dados às regras de produção definidas pelo utilizador. Por outro lado, os sistemas L estocásticos permitem a incorporação de aleatoriedade nos processos de modelação, de forma a simular a diversidade dos ambientes urbanos.

O processo de modelação funciona com o seguinte algoritmo:

1. Todas as cadeias modulares contidas nas fontes de dados do projecto são geradas através da transformação dos dados originais através de uma folha de estilo XSLT.
2. Cada modelo do projecto XL3D é modelado para um determinado documento X3D.
3. Cada um destes modelos é obtido por agrupamento de todas as entidades que o compõem.
4. O modelo de cada entidade é obtido por instanciação de procedimentos de modelação ou então inserindo modelos X3D. Adicionalmente, se uma entidade possui uma subentidade então o modelo correspondente também é agrupado ao modelo gerado.
5. A instanciação de um processo de modelação é conseguida através da construção de um axioma inicial obtido a partir de uma ou mais cadeias modulares contidas nas fontes de dados.
6. O processo de modelação é instanciado com um conjunto de parâmetros, um grupo de protótipos e o axioma inicial de forma a gerar o sistema L que levará ao processo de modelação da entidade.
7. A sequência de desenvolvimento do sistema L produz a cadeia final que representa o modelo da entidade, após um determinado número máximo de iterações, ou quando mais nenhuma regra de produção for aplicável.
8. Finalmente a interpretação da cadeia final resultante do passo anterior, pelo conjunto de protó-

tipos especificado, gera o modelo final no formato X3D.

Este algoritmo possibilita assim a geração automática de modelos tridimensionais de ambientes urbanos com base apenas na especificação de modelos num documento XL3D.

**5. ACESSO INTEROPERÁVEL ÀS FONTES DE DADOS**

Os dados utilizados para a modelação expedita de ambientes urbanos extensos estão disponíveis a partir de várias fontes de dados em diversos formatos e provenientes de diferentes plataformas. A integração de todos estes dados é uma tarefa complexa, originando problemas de interoperabilidade.

Sendo a informação geográfica provavelmente o tipo de informação com maior relevância para a modelação de ambientes urbanos, a sua integração num projecto de modelação motiva o recurso a padrões geoespaciais como garante da sua interoperabilidade. O consorcio Open Geospatial [OGC] é uma organização que se dedica ao problema da interoperabilidade na área dos sistemas de informação geográfica, e lançou algumas especificações baseadas em XML, tais como o GML (Geography Markup Language) [GML] e o WFS (Web Feature Service)[WFS]. Estas especificações têm vindo a ser adoptados pelos produtores de software, e a sua integração nos processos de modelação é de grande importância para o desenvolvimento de soluções automáticas.

Na área da computação gráfica o problema da interoperabilidade foi abordado pelo consórcio Web3D [Web3D] através do desenvolvimento do formato X3D [X3D]. O X3D é uma evolução do VRML (Virtual Reality Modelling Language), permitindo a especificação de ambientes virtuais e aplicações 3D em XML.

O modelador XL3D possibilita a utilização de fontes de dados que referenciem qualquer tipo de documento XML, potenciando assim a utilização de padrões, tais como os geoespaciais ou de computação gráfica, entre uma enorme diversidade de possibilidades. Estes documentos podem ser acessíveis num ficheiro, contido numa determinada directoria numa máquina local ou em rede, ou por invocação de um serviço Web. Neste último caso é possível aceder assim a fontes de dados dinâmicas, que retornam dados actualizados a cada invocação do serviço.

**6. A ESPECIFICAÇÃO DE MODELAÇÃO XL3D**

Todo o processo de modelação é especificado de uma forma declarativa através de um documento. Dada a especificidade dos processos de modelação e o problema da interoperabilidade foi necessário desenvolver um XML-schema próprio denominado XL3D [Coelho03a].

A estrutura básica de um documento XL3D é hierárquica e o nó principal é o projecto XL3D (figura 4). Um projecto XL3D é composto por um cabeçalho com informação acerca do autor do projecto, um conjunto de modelos descrevendo a estrutura hierárquica das entidades que

descrevem o ambiente urbano, procedimentos de modelação que incorporam conhecimento relevante para o processo de modelação, protótipos que interpretam os sistemas L, e fontes de dados.

Cada modelo é composto por entidades, reflectindo o carácter complexo e estruturado de um ambiente urbano, de acordo com a percepção subjectiva do utilizador. Cada entidade (figura 5) instancia procedimentos de modelação para gerar modelos tridimensionais a partir de uma cadeia de módulos que são obtidos a partir de várias fontes de informação.

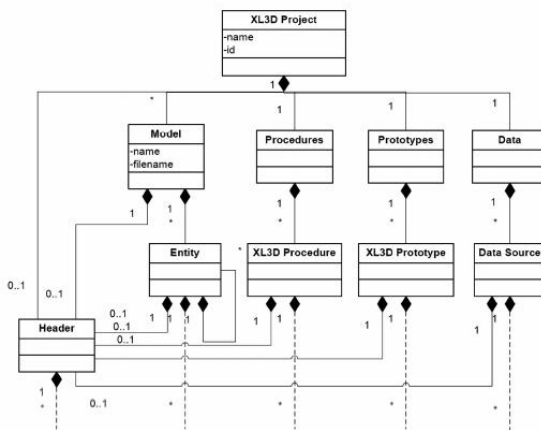


figura 4 – Projecto XL3D

Cada entidade pode ser composta por outras entidades cujo modelo pode ser colocado em qualquer posição específica do nó entidade e pode ser submetido a uma transformação de coordenadas.

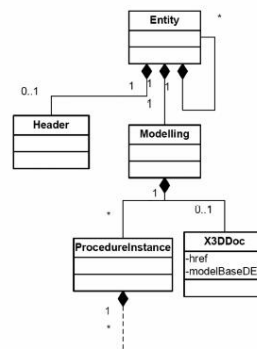


figura 5 – Entidade

Cada entidade instancia um conjunto de processos de modelação, que produz o modelo tridimensional a partir das cadeias de módulos obtidas com base nas diversas fontes de dados especificadas.

Os procedimentos de modelação (figura 6) são o componente nuclear do processo de modelação, baseando-se em sistemas L para modelar partes específicas de cada entidade. Os procedimentos de modelação são definidos como componentes reutilizáveis que devem ser instanciam

dos para a modelação das diversas entidades, ou estendidos para a criação de novos procedimentos de modelação. O tipo de sistemas L utilizado é paramétrico, sensível ao contexto e estocástico. Com base na cadeia modular inicial, o sistema L produz outra cadeia modular representando a estrutura conceptual do modelo tridimensional pretendido. Esta cadeia modular é então interpretada de forma a criar um grafo de cena em X3D, através da instanciação de uma série de protótipos.

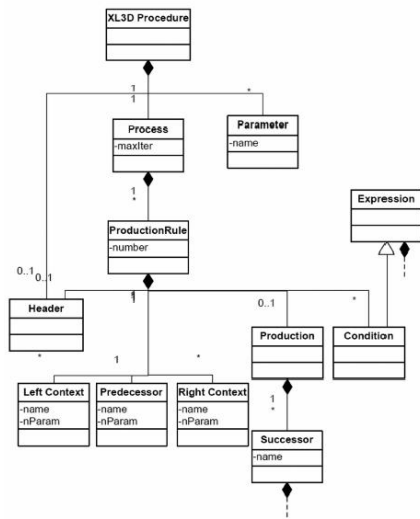


figura 6 - Procedimentos de modelação

As fontes de dados contêm referências para dados guardados em documentos XML, que se encontram em directórios locais ou são obtidas por invocação de um serviço web. Esta informação é então transformada, do seu formato original para uma cadeia de módulos, através da aplicação de uma folha de estilo XSLT.

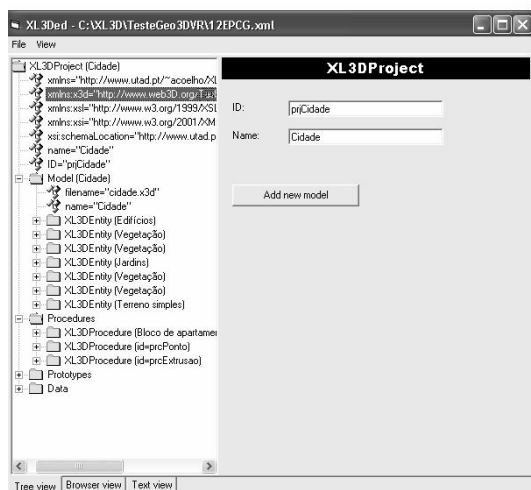


figura 7 – Aplicação para concepção das especificações de modelação XL3D

Para que a criação da especificação de modelação XL3D não se tornasse numa tarefa demasiadamente morosa e complexa foi desenvolvida uma ferramenta gráfica (Editor XL3D, figura 7) que assiste a criação de documentos XL3D.

## 7. A PERCEÇÃO COMO METODOLOGIA PARA OPTIMIZAÇÃO DO MODELO

Os modelos tridimensionais extensos não são os mais adequados para visualização em dispositivos móveis. Existem várias restrições a ultrapassar, tais como o baixo poder de cálculo (em comparação com PC), a reduzida dimensão dos ecrãs, a largura de banda das comunicações sem fios, etc.

Está a ser desenvolvida uma metodologia de forma a minimizar alguns dos problemas referidos. Se soubermos exactamente para onde as pessoas estão a olhar a cada instante, é possível recriar esses objectos em alta resolução mantendo os restantes em baixa resolução, por um custo computacional muito menor, e sem que o utilizador se aperceba dessa perda de qualidade.

A forma como reconhecemos e identificamos o ambiente que nos rodeia depende de quem somos e da tarefa que estamos a executar em determinado momento, nesse ambiente. A atenção visual é o processo pelo qual o ser humano selecciona um pedaço da informação visual disponível para a localização, identificação e percepção dos objectos presentes no ambiente que o rodeia. Este processo permite ao nosso sistema visual processar os estímulos visuais que recebemos, com base na mudança da atenção em cada imagem, prestando assim mais atenção às regiões mais salientes, e menos atenção a regiões menos salientes. Apesar do sistema visual humano ser bastante preciso, não é perfeito, e assim quando a nossa atenção não está focada em determinados itens duma determinada cena, estes podem passar completamente despercebidos. Este fenómeno tem por nome **Inattention Blindness** [Mack98]. Nos últimos anos, a utilização do conhecimento do sistema visual humano tem vindo a ser cada vez mais usado para melhorar a qualidade das imagens criadas em diversos trabalhos [Cater03] [Greenberg97] [MacNamara00] [Myszkowski01] [Wahlster02].

Um recente estudo [Bessa04] foi efectuado para descobrir quais seriam os pontos de interesse utilizados por qualquer pessoa, na identificação do local e da direcção exacta de onde uma determinada fotografia tinha sido tirada. Este conhecimento poderá ser utilizado de forma a prever quais seriam os objectos em que o utilizador focará a sua atenção.

Os resultados apontam para que a selecção dos objectos a utilizar sejam determinados tendo em conta a sua proximidade à pessoa e o seu tamanho. Existem no entanto alguns tipos de elementos característicos que normalmente são utilizados para obter uma boa localização, tais como o mobiliário urbano, a publicidade ou determinados pormenores dos edifícios, como as varandas.

Estes resultados são de enorme relevância num projecto como o 3D4LBMS, para a optimização da utilização dos recursos dos dispositivos móveis e das redes de comunicação.

## 8. DISCUSSÃO

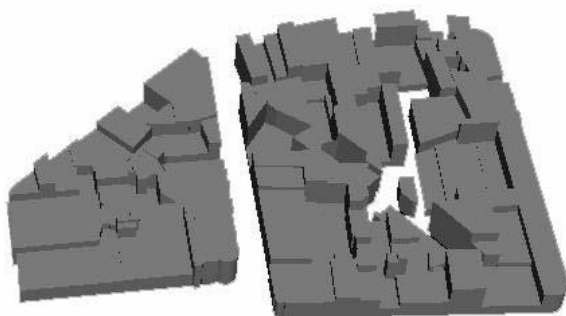
A modelação de ambientes virtuais urbanos extensos é uma tarefa árdua e complexa, e o modelador XL3D permite automatizar este processo, através da definição do processo de modelação de forma declarativa, numa única especificação XL3D. Esta abordagem tem grandes vantagens relativamente aos modeladores convencionais, potenciando a sua integração em sistemas distribuídos.

A escalabilidade é um factor importante para a criação de modelos extensos e complexos de um ambiente virtual urbano. A especificação XL3D é por natureza escalável, pois novas entidades representando novos objectos podem ser utilizadas para refinar o modelo. Adicionalmente, os procedimentos podem ser estendidos de forma a produzirem objectos mais detalhados e realistas, por adição de regras de produção suplementares ao processo de modelação.

A reutilização é também tida em conta em toda a filosofia do processo de modelação, já que o mesmo conjunto de regras pode ser utilizado com um novo grupo de dados, como por exemplo os respeitantes a outra cidade. Sendo os procedimentos de modelação paramétricos podem também ser utilizados, sem qualquer modificação, para modelar diferentes entidades com semelhantes processos de desenvolvimento.

Já que a maioria dos ambientes urbanos partilham uma estrutura similar, uma única especificação de modelação pode ser utilizada em diferentes casos sem qualquer modificação, exceptuando obviamente as fontes de dados.

A fidelidade visual dos modelos é crucial em algumas aplicações, e por isso os processos de modelação podem ser definidos para gerar modelos altamente detalhados, tudo dependendo da quantidade de dados utilizada no processo de modelação.



**figura 8 – Vista de uma cena gerada automaticamente, onde apenas são aplicadas pequenas extrusões aos contornos dos edifícios.**

Devido às características intrínsecas do processo de modelação baseado em sistemas L, o modelador XL3D é capaz de produzir cenas muito detalhadas. No entanto,

para se obter modelos mais realistas é necessário possuir elevada quantidade e qualidade de dados.

A performance dos sistemas LBMS é condicionada pela memória interna dos dispositivos móveis e a largura de banda das redes de comunicação sem fios. Para que seja possível disponibilizar modelos tridimensionais urbanos é necessário algum desenvolvimento de forma a transmitir apenas a informação relevante ao utilizador, com base na sua localização em relevância dos objectos. Este último depende da percepção do ambiente que rodeia cada utilizador.

O processo de modelação é um processo incremental onde a partir de um pequeno conjunto de regras é possível obter uma rápida representação dos dados (figura 8). No entanto, para obter um modelo mais detalhado são necessárias mais regras de produção de forma a incorporar detalhes como as fachadas dos edifícios, as portas as janelas ou as varandas (figura 9), assim como outros elementos como estradas, vegetação ou mobiliário urbano (figura 10).



**figura 9 - Vista de um quarteirão de uma cena gerada automaticamente.**



**figura 10 – Vista de pormenor de uma cena gerada automaticamente.**

Todos os aspectos mencionados anteriormente como a escalabilidade, reutilização e fidelidade visual fazem do modelador XL3D uma ferramenta versátil que permite a modelação de ambientes 3D extensos de forma simples, eficaz e, sobretudo, expedita.

## 9. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O projecto 3D4LBMS foi criado com o intuito de desenvolver a tecnologia necessária para criar ambientes virtuais tridimensionais e disponibilizá-los em aplicações LBMS inovadoras. Este projecto tem claramente dois objectivos distintos: a modelação expedita dos modelos tridimensionais, e a sua distribuição para dispositivos móveis

O sistema de modelação apresentado neste artigo está directamente relacionado com a resolução do problema da modelação de ambientes virtuais urbanos extensos. Implementado como um serviço Web, permite uma fácil integração numa arquitectura distribuída permitindo que os modelos sejam distribuídos aos dispositivos móveis utilizando redes sem fios.

A automatização oferecida pelo sistema de modelação XL3D foi conseguida através da interoperabilidade no acesso a diversos tipos de dados, e a utilização de processos de modelação baseados em sistemas L. Os sistemas L possuem um elevado poder de amplificação de dados, fazendo emergir novas propriedades não presentes nos dados iniciais. Estas características fornecem ao sistema de modelação XL3D a aptidão de gerar modelos detalhados, a partir de um conjunto de dados abstractos, como os provenientes de SIG.

Todo o processo de modelação é especificado de forma declarativa, através de documentos XL3D. O sistema de modelação pode ser utilizado com vantagens claras para criar soluções iniciais de forma expedita. O sistema pode também ser empregue para a geração de modelos com grande fidelidade visual e detalhe, de ambientes onde exista uma grande quantidade de informação (geográfica ou não) disponível. Pode, no entanto também ser utilizado em ambientes onde não existe muita informação, gerando modelos tridimensionais com menor nível de fidelidade visual, mas mantendo o nível de detalhe.

Se soubermos exactamente quais os pontos-chave usados pelos utilizadores dos guias móveis quando estão a tentar localizar determinado sítio, podemos utilizar essa informação para a definição dos processos de modelação e das regras de produção, dando mais detalhe e realismo onde mais interessa, utilizando metodologias baseadas na percepção visual. Por forma a melhorar os modelos de ambientes virtuais urbanos gerados, irão ser desenvolvidos mais testes no terreno, onde se irá realizar uma comparação entre os modelos virtuais construídos sem ter em conta a percepção visual, e outros onde esta foi utilizada para a sua optimização. Estes resultados irão permitir concluir se este tipo de abordagem pode trazer mais qualidade aumentando o desempenho global do modelo.

Como trabalho futuro aponta-se a necessidade de melhorar as ferramentas existentes para edição de documentos XL3D, através do desenvolvimento de uma interface mais intuitiva para a definição das regras de produção. O sistema de modelação XL3D é uma ferramenta complexa que realiza várias iterações até que o resultado final seja obtido. Como um ambiente urbano é normalmente exten-

so, o tempo de processamento requerido para que o modelo seja gerado é considerável a implementação do modelador numa arquitectura paralela através de um cluster de PC's poderá possibilitar uma resposta mais rápida a outras aplicações em sistemas distribuídos.

## 10. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado parcialmente pelo POSI, a União Europeia e o FEDER através do projecto POSI/CHS/48220/2002 denominado "3D4LBMS – Modelação Tridimensional de Ambientes Virtuais Urbanos para Serviços Móveis Baseados na Localização".

Um agradecimento muito especial para toda a equipa do projecto 3D4LBMS, pelo empenhamento e dedicação que têm devotado ao projecto.

## 11. REFERÊNCIAS

- [Anegg02] Anegg, H.; Kunczler, H.; Michlmayr, E.; Pospischil, G. and Umlauf, M.: LoL@: designing a location based UMTS application. *Elektrotechnik und Informationstechnik*, 119(2):48–51, 2002.
- [Bessa04] Bessa, M.; Coelho A. and Chalmers, A.: Alternate Feature Location for Rapid Navigation using a 3D Map on a Mobile Device. In proceedings MUM 2004, College Park, Maryland, Pages: 5 – 9, ACM 2004.
- [Cater03] Cater, K.; Chalmers, A. and WARD, G.: Detail to attention: Exploiting visual tasks for selective rendering. In Proceedings of the 14th Eurographics workshop on Rendering, Leuven, Belgium, pp 270 – 280, 2003.
- [Coelho03a] Coelho A., Sousa A., Ferreira F.: 3D Modelling of Large Urban Scenes from Diverse Sources of Information. Proceedings of the 7th ICCG/IFIP International Conference on Electronic Publishing, pp. 278-287, 2003.
- [Coelho03b] Coelho, A.; Sousa A.; Ferreira F.: Modelação expedita de cenas urbanas. Proceedings of 12 encontro Português de Computação Gráfica, ISEP, Porto, 2003.
- [Coelho05] Coelho A.; Sousa A.; Ferreira F.: Modelling Urban Scenes for LBMS, Proceedings of Web3D 2005 Symposium, University of Wales, Bangor, UK, 2005.
- [CoPilote] CoPilote, <http://www.alk.eu.com/>
- [Dachselt02] Dachselt R.; Hinz, M.; Meiner K.: CONTIGRA: An XML-Based Architecture for Component-Oriented 3D Applications, In Proceedings of Web3D '02, pp. 155-163, 2002.
- [Deussen98] Deussen, O.; Hanrahan P.; B. Lintermann, Rümeh, Pharr, M. and PruRUSINKIEWICZ P.: Realistic modeling and rendering of plant ecosystems. *Computer Graphics 32*, (Annual Conference Series), 275–286, 1998.
- [DotNet] .Net, <http://www.microsoft.com/net/>
- [Greenberg97] Greenberg, D.; Torrance, K.; Shirley, P.; Arvo, J.; Ferwerda, J.; Pattanaik, S.; Lafortune, A.;



- Walter, B.; Foo, S. and Trumbore, B.: A framework for realistic image synthesis. In Proceedings of SIGGRAPH 1997(Special Session), pages 477{494. ACM, 1997.
- [Lane02] Lane, B. and Prusinkiewicz, P.: Generating spatial distributions for multilevel models of plant communities. In Proceedings of Graphics Interface, 69–80, 2002.
- [Mack98] Mack, A. and Rock, I.: Inattentional Blindness. Massachusetts Institute of Technology Press, 1998.
- [Mcnamara00] Mcnamara, A.; Chalmers A.; Troscianko T. and Gilchrist, I.: Comparing real and synthetic scenes using human judgements of lightness. In 12th Eurographics Workshop on Rendering, pages 207{219, 2000.
- [Myszkowski 01] Myszkowski, K.; Tawara, T.; Akamine, H. and Seidel H.: Perception-guided global illumination solution for animation rendering. In Proceedings of SIGGRAPH 2001, pages 221 {230. ACM, 2001.
- [NavMan] NavMan,<http://www.navman-europe.com/>
- [OGC] OGC. The open geospatial consortium, inc. <http://www.opengeospatial.org/>.
- [Parish01] Parish Y, Muller P.: Procedural Modeling of Cities. Proceedings of SIGGRAPH 2001, pp. 301-308, Los Angeles, 2001.
- [Pimentel01] Pimentel J., Baptista N., Goes L., Dionísio J.: Construção e gestão da complexidade de cenários urbanos 3D em ambientes virtuais imersivos. Actas do 10º Encontro Português de Computação Gráfica, pp. 165-174, 2001.
- [PocketCortona] Pocket Cortona <http://www.parallelgraphics.com/products/cortonace/>
- [Polys03] Polys N. F.: Stylesheet transformations for interactive visualization: towards a web3d chemistry curricula. In Web3D '03 Proceeding of the eighth international conference on 3D Web technology, ACM Press, 85–ff.
- [Prusinkiewicz90] Prusinkiewicz P., Lindenmayer A.: The Algorithmic Beauty of Plants, Springer, 1990.
- [Prusinkiewicz01] Prusinkiewicz P, Mündermann L, Karwowski R., and Lane B.: The use of positional information in the modeling of plants. In ACM Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2001), 289–300, 2001.
- [Ramasubramanian99] Ramasubramanian M.; Pattanaik, and Greenberg D.: A perceptually based physical error metric for realistic image synthesis. In Proceedings of SIGGRAPH 1999, pages 73 {82. ACM, 1999.
- [Schilling03] Schilling, Arne and Coors, Volker (2003): 3D Maps on Mobile Devices. Workshop "Design kartenbasierter mobiler Dienste", 08.09.2003, Stuttgart, Germany.
- [Taylor92] Taylor, C.: “Fleshing out” Artificial Life II. In C. G. Langton, C. Taylor, J. D. Farmer and S. Rasmussen, editors, Artificial Life II, pp. 25-38, Addison Wesley, Redwood City, 1992.
- [Wahlster02] Wahlster W.: Smartkom: Fusion and fission of speech, gestures, and facial expressions. In Proceedings of the 1st International Workshop on Man-Machine Symbiotic Systems, pages 213–225, Kyoto, Japan, 2002.
- [Web3D] The Web3D Consortium. <http://www.web3d.org/>
- [WFS] Web Feature Service <http://www.opengis.org/techno/RFC13.pdf> [X3D] Web3D Consortium: “X3D: The Virtual Reality Modelling. Language – International Standard ISO/IEC 14772:200x”. <http://www.web3d.org/TaskGroups/x3d/specification/>
- [Wonka03] Wonka P.; Wimmer M.; Sillion F. and Ribarsky, W.: Instant architecture. ACM Trans. Graph. 22, 3, 669–677, 2003.
- [XML] XML - Extensible markup Language.<<http://www.w3.org/XML/>>
- [XML-Schema] XML-Schema. <<http://www.w3.org/XML/Schema>>
- [XSLT] XSLT- Extended Stylesheet Language Transformations (XSLT). <<http://www.w3.org/TR/xslt11/>>