

Arquitecturas XML para Concretização de Modelos Hipermedia

Rui Lopes, Miguel Rodrigues, Amadeu Dias e Luís Carriço

LaSIGE, Departamento de Informática,

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Bloco C5, Piso 1, Campo Grande, Lisboa

[rlopes, mrod, amadeu, lmc}@di.fc.ul.pt](mailto:{rlopes, mrod, amadeu, lmc}@di.fc.ul.pt)

Arquitecturas XML para Concretização de Modelos Hipermédia

Resumo

Neste artigo apresenta-se uma bancada para o desenvolvimento de aplicações hipermédia, com base nas aproximações sistemáticas de concepção destes sistemas. Destas aproximações que genericamente introduzem modelos a três níveis de abstracção (conceptual, de navegação e de apresentação), optou-se por recorrer às variantes orientadas a objectos, em particular à UWE. O trabalho aqui descrito apresenta uma solução para a tradução integrada e congruente destes modelos para especificações XML, que, por sua vez, permitem com recurso ao XSLT, CSS e linguagens de “script” a geração de aplicações hipermédia. Estas aplicações assim geradas e fortemente baseadas nos modelos de concepção sustentam, não só uma clara separação entre estrutura de informação e apresentação, como também apresentam fortes características de coerência ao nível da interface com o utilizador. Finalmente é apresentado um caso de estudo em que a metodologia foi aplicada dando origem a um protótipo de um sistema hipermédia.

Palavras chave: Hipermédia, XML, XSLT, Sistemas de Informação

1. Introdução

O desenvolvimento de sistemas hipermédia e, em particular, a sua concretização na Web tem, na sua grande maioria, seguido uma aproximação desregrada. As consequências são frequentemente desastrosas em termos de coerência, quer a nível da estrutura, quer a nível da navegação ou mesmo da apresentação, o que se reflecte naturalmente na sua usabilidade.

O recurso a metodologias de concepção tem, tal como noutras áreas, emergido como forma de minimizar o problema. Estas capitalizam nos aspectos de modelação a níveis de abstracção sucessivos que assim sustentam o processo de desenvolvimento. Das várias propostas oferecidas no âmbito dos sistemas hipermédia, refira-se o HDM [Garzotto et al. 1993] e [Garzotto et al. 1995], o RMM [Isakowitz et al. 1995] e [Isakowitz et al. 1998] e o OOHDM [Schwabe et al. 1996] e [Schwabe et al. 1998] entre outras [Koch 1999]. Recentemente surgiu a UWE [Baumeister et al. 1999], [Hennicker et al. 2001] e [Koch et al. 2002] (UML-based Web Engineering approach), que tenta estender as ideias específicas dessas metodologias, orientadas para os sistemas hipermédia, e integrá-las nas capacidades da UML [Booch et al. 1999]. Esta linguagem, fortemente divulgada, é suficientemente genérica e extensível para que possa abarcar essa integração, cobrindo as diversas frentes do processo de modelação que devem ser suportadas na concepção dos sistemas hipermédia.

As metodologias de concepção destes sistemas tendem a seguir de perto as aproximações sistemáticas e iterativas dos modelos de processos de desenvolvimento de software (e.g. Processo Unificado [Jacobson et al. 1998]) – tal como as linguagens de especificação se considerarmos a UML. Para além de sublinharem os aspectos iterativos, o que será expectável tendo em conta a riqueza, flexibilidade e requisitos de usabilidade inerentes ao conceito “hipermédia”, o valor acrescentado das metodologias específicas resulta na introdução de: (1) fases de modelação dirigidas para aspectos particulares dos ditos sistemas; e (2) estruturas de conceitos (abstracções da linguagem) mais próximas do tipo de modulação que se pretende. Grosso modo, pode dizer-se que tentam elevar o nível de abstracção das linguagens de modelação, adequando-as ao tipo de problemas e ao domínio em que se vão aplicar.

Neste sentido, uma das questões que se coloca nestas metodologias é, sem dúvida, a forma como se concretizam os sistemas hipermédia a partir desses modelos de alto nível. Naturalmente esse processo deve manter as noções semânticas dos conceitos introduzidos e reforçados pelos passos metodológicos, por forma a manter um grau elevado de coerência na sua implementação. Obviamente também, não se deve sobrecarregar o processo de codificação com repetições ou reformulações desnecessárias dos padrões definidos, que se poderiam traduzir, por um lado em maus desempenhos dos sistemas (em tempo e espaço), por outro num ónus desmesurado no processo de programação.

O trabalho relatado neste artigo, propõe a utilização de XML [Morrison et al. 1999] na construção de um suporte lógico para a concretização de sistemas hipermédia, concebidos de acordo com a metodologia UWE. Para esse fim, foram definidos tipos de documentos XML (DTDs), necessários à materialização da estrutura de conceitos usada nos diversos passos de modelação. Os vocabulários XML assim definidos (meta-modelos) são então usados para especificar e validar modelos de aplicações hipermédia específicas. Estas especificações são então transformadas em novos tipos de documentos (DTDs) que definem os vocabulários XML (modelos) que descrevem as aplicações. Finalmente estas são materializadas, por um lado em representações dos próprios dados do sistema (sem referência a formas de interação ou visualização), por outro em especificações de regras, padrões e comportamentos, genéricos, que permitem a sua navegação e apresentação. As primeiras correspondem a especificações XML (geradas ou globais) e as segundas são “scripts” e descrições XSLT e CSS. Este processo de produção do XML difere de outros associados ao UWE [Kraus et al., 2002], essencialmente porque evita a criação de instâncias (dados) sucessivas de cada um dos modelos definidos. Estende ainda a aproximação proposta em [Carriço et al. 2003], clarificando os aspectos arquitecturais das aplicações, que permitem a construção dinâmica de instâncias, possibilitando a concretização de padrões de navegação e apresentação genéricos, mesmo para interrogações.

A aproximação proposta foi aplicada a um caso de estudo, a saber um sistema hipermédia sobre museus. O sistema foi especificado usando os DTD acima referidos e de acordo com o processo apresentado. A aplicação final corresponde a uma especificação dos dados (em duas versões - base de dados clássica ou repositório XML) e um conjunto de ficheiros XSLT, CSS e de “script” (também em duas versões – PHP ou JavaScript). Naturalmente este último conjunto define os padrões de apresentação e interação com o sistema (e.g. como é apresentado uma obra ou um artista, independentemente de qual é ou quem é) e não a sua instanciação para dados particulares (e.g. “Mona Lisa”, “Guernica”, “Picasso”, “Vieira da Silva”).

O artigo está organizado do seguinte modo: na secção seguinte apresenta-se um panorama das aproximações existentes para a modelação de sistemas hipermédia, dando especial relevância as características da UWE enquanto metodologia adoptada neste trabalho; na secção 3 discutem-se alguns aspectos e aplicações da interligação da UML com a XML, elaborando um pouco mais sobre os trabalhos e projectos em curso que focam a geração de aplicações Web a partir de metodologias de concepção hipermédia; na secção seguinte descrevem-se as características do processo de geração proposto neste artigo; na secção 5 sublinham-se os aspectos da arquitectura que suporta a estrutura lógica destas aplicações; na secção 6 apresenta-se o caso de estudo em que o processo foi aplicado discutindo-se sucintamente os modelos, especificações e protótipo desenvolvido; finalmente conclui-se e delineiam-se direcções de trabalho futuro.

2. Modelação de Sistemas Hipermédia

A aproximação sistemática à modelação de sistemas hipermédia (em que se inclui, mas que não se esgotam na Web) é uma disciplina recente. O seu ponto de visibilidade estabeleceu-se com a publicação de um conjunto de artigos datados de 1995, em que metodologias como o HDM [Garzotto et al. 1995] o RMM [Isakowitz et al. 1995] e o OOHDM [Schwabe et al. 1995] (na

sua fase embrionária) foram apresentadas. Desde aí vêm surgindo evoluções [Fraternali et al. 2000] e [Isakowitz et al. 1998] que, particularmente no caso do OOHDH [Schwabe et al. 1996] se têm aproximado das linguagens e metodologias de concepção de software genéricas, inclusive recorrendo à UML [Booch et al. 1999] nas fases iniciais do processo de desenvolvimento [Schwabe et al. 1998]. A UWE [Hennicker et al. 2000] e [Baumeister et al. 1999] propõe uma aproximação metodológica semelhante ao OOHDH, com a diferença de usar a UML ao longo de todo o processo de modulação. Nas suas evoluções mais recentes [Koch et al. 2002] e [Hennicker et al. 2001] introduz mesmo especificações mais rigorosas de transição entre modelos e, particularmente, de inter-ligação entre os conceitos (ou estereótipos) introduzidos em cada modelo (de facto, meta-modelo).

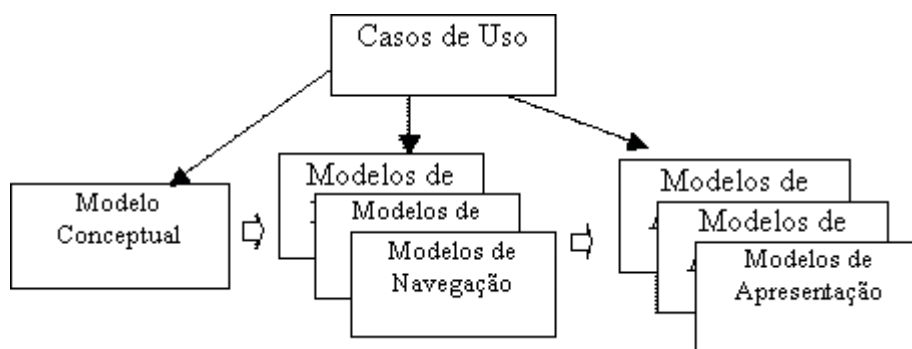


Figura 1. Modelos de concepção de um Sistema Hipermedia

Metodologia

Genericamente, as metodologias propostas alargam e organizam as fases de análise e concepção (“design”) relativamente às aproximações genéricas, decompondo-as na modelação: (1) da estrutura de informação subjacente (modelo conceptual); (2) da informação e estrutura de navegação (modelos de navegação); (3) e da apresentação (modelo de apresentação), esta última com variantes ao nível estrutural e dinâmico nas metodologias orientadas para objectos (e.g. UWE e OODHM). Apresentam-se assim num conjunto de fases que dão origem a conjunto de modelos implícita ou explicitamente interligados (ver Figura 1).

No caso das metodologias acima mencionadas os Casos de Uso tomam um papel relevante nas fases iniciais do levantamento de requisitos e guiam, tal como proposto em [Jacobson et al. 1998], todas as fases do processo de desenvolvimento. O seu papel é estrutural mas a sua relevância em termos da geração do sistema hipermedia esbate-se nos restantes modelos.

Modelo Conceptual

O modelo conceptual reflecte a estrutura da informação em termos de classes (ou entidades) e, no caso de o sistema se materializar numa base de dados, representará, grossomodo, o seu esquema conceptual. Também neste aspecto da modelação, como nos Casos de Uso, não são introduzidas extensões significativas às aproximações genéricas de modelação, sejam elas a UML (OOHDH e UWE) ou os esquemas Entidade Associação (RMM). São identificadas, para além das classes, os atributos e as relações passando pelas suas variantes (associações, generalizações, etc.)

Modelos de Navegação

Na descrição que aqui se faz dos modelos de navegação apresentam-se apenas os conceitos relativos à aproximação UWE, embora se possam encontrar conceitos equivalentes nas restantes. Assim sendo, a UWE introduz duas fases de enriquecimento do modelo de navegação: (1) o modelo do espaço de navegação (2) o modelo de estrutura de navegação.

O primeiro introduz o conceito de classe de navegação, um estereótipo definido sobre classes genéricas UML. Cada uma dessas classes representa informação acessível numa determinada perspectiva de navegação, eventualmente associada a um Caso de Uso específico. De uma forma simplificada e traçando um paralelo com as Bases de Dados, pode dizer-se que as classes de navegação representam “vistas” das classes conceptuais. No modelo do espaço de navegação estabelece-se ainda a correspondência entre as classes de navegação e as conceptuais e entre atributos das primeiras e atributos das segundas. A representação visual das classes de navegação ilustra-se na Figura 2.

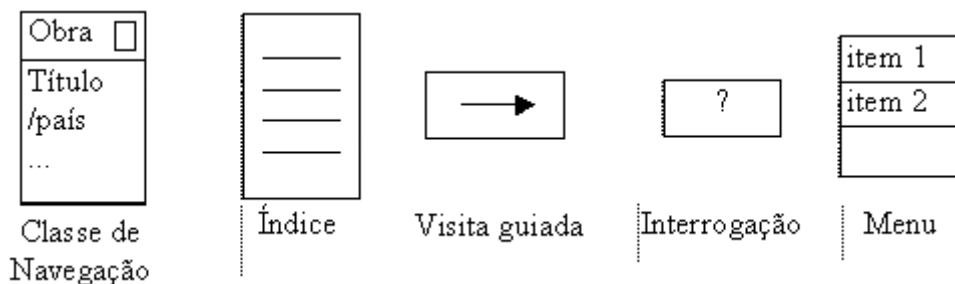


Figura 2 .Representações visuais dos estereótipos dos modelos de navegação

No modelo da estrutura de navegação são propostos 4 estereótipos fundamentais (ver acima): os índices, as visitas guiadas, as interrogações e os menus. Os primeiros representam listas, normalmente computadas, de ligações (âncoras) para instâncias da classe a que estão ligadas à saída (uma associação dirigida do índice para a classe de destino), com base em parâmetros definidos pela classe de entrada (uma associação dirigida da classe de origem para o índice). A informação providenciada pelas visitas guiadas é semelhante à anterior com a diferença que a navegação se pretende passo a passo, i.e. de cada instância da classe de saída apresentada neste contexto é possível aceder à seguinte e à anterior. As interrogações representam formas mais livres de pesquisa (que normalmente resultam em índices), ao contrário dos menus que são enumerados finitos e pré determinados de ligações. Estes 4 conceitos, para além das ligações simples, são usados no estabelecimento de relações entre classes de navegação. O resultado final é um modelo de navegação, decomposto em dois diagramas (do espaço e da estrutura).

Modelos de Apresentação

Na modelação da apresentação, no âmbito da UWE [Hennicker et al. 2001], introduz-se um conjunto de estereótipos UML, cujo objectivo é a construção de representações esquemáticas (esboços tipificados) da interface com o utilizador. Essas representações constituem os modelos de apresentação (estáticos) e os estereótipos incluem conceitos relativamente comuns, a saber: enquadramento (frame), colecção, formulário, texto, imagem, etc. Naturalmente, a metodologia não propõe estes arquétipos isoladamente, introduz também (recentemente) mecanismos (ainda em evolução) para a interligação destes com as classes e estruturas de navegação definidas nos modelos anteriores. É importante referir que, genericamente, as instâncias das classes de navegação (e.g. “Dali” e “Picasso” da classe “Pintor”) serão apresentadas numa estrutura coerente entre instâncias da mesma classe, definida por um modelo de apresentação (e.g. “Texto” no canto superior esquerdo com o nome do artista, qualquer que ele seja). Note-se

finalmente que o mesmo tipo de raciocínio se deve tecer relativamente às instâncias do modelo conceptual e os modelos de navegação e apresentação.

3. Trabalho Relacionado

As propostas de ligação entre a XML [Morrison et al. 1999] a UML [Booch et al. 1999] têm surgido sob as mais diversas formas. Entre elas deve mencionar-se o XMI (XML Metadata Interchange) [OMG 2001]. A especificação XMI define um conjunto de regras para a geração de: (1) DTDs (XML) e mais recentemente esquemas (XML Schema), a partir de modelos de classes; e (2) documentos XML a partir de modelos de objectos (veja-se [Carlson 2001] ou [OMG 2001] para uma descrição mais detalhada de regras).

A aplicação directa desta correspondência entre UML e XML através do XMI é a utilização dos esquemas, DTDs e documentos XML como formatos intermédios, que, sendo exportados de ferramentas de modelação que recorrem a diagramas UML, podem ser importados por outras ferramentas, regenerando os modelos, ou por aplicações que vêm assim a sua tarefa de interpretação da UML simplificada - já que podem partir da leitura de XML com todas as vantagens de suporte que daí advém (acesso a interpretadores, DOM, etc.). Segundo Carlson [2001] é igualmente útil a capacidade que a correspondência acima mencionada providência para analisar vocabulários XML existentes (“reverse engineering”), à luz de uma aproximação mais adequada (de mais alto nível, a UML). Esta ligação UML/XML oferece também (e essencialmente) uma linha coerente para a modelação de aplicações XML a partir de modelos UML mais adequados nas fases primárias do desenvolvimento de software.

Dos Modelos às Implementações

No sentido do desenvolvimento de aplicações, surgem as propostas (e projectos) de geração de sistemas hipermédia, em particular para ambientes Web [Balasubramanian et al. 1997], [Barbosa 2000], [Fraternali et al. 2000] e [Kraus et al. 2002]. Estas distinguem-se das anteriores, em especial pela utilização de uma metodologia em que se inclui o conjunto de modelos anteriormente referido (conceptual, navegação e apresentação). A dificuldade acrescida imposta por estas aproximações resulta essencialmente:

- da relação existente entre os modelos (e.g. atributos relacionados, classes de um modelo que referem as de outro, etc.);
- das regras e procedimentos associados às meta-classes (estereótipos) e particularmente daqueles relativos à transição entre os modelos (e.g. um índice pressupõe uma interrogação à classe de navegação de destino com base em informação da de origem – os “pintores” de uma determina “época”);
- da proximidade crescente que os modelos de navegação e apresentação têm com a sua concretização (a interface com o utilizador) no sistema hipermédia.

De entre as propostas de base refira-se as ferramentas ou bancadas de produção que utilizam o RMM [Balasubramanian et al. 1997] ou o HDM [Fraternali et al. 2000] como metodologia de concepção, embora usando o HTML como linguagem de destino - com recurso a folhas de estilo (CSS) e acesso a bases de dados. Mais recentemente, e na linha do trabalho da metodologia aqui usada (a UWE), Kraus e Koch [2002] propõem uma aproximação à publicação em XML, para a geração de aplicações Web, a partir de modelos concebidos de acordo com a aproximação UWE.

De acordo com os autores [Kraus et al. 2002] a aproximação proposta integra ferramentas de especificação de modelos UML e de publicação XML, induzindo os modelos UML produzidos

nas primeiras, por traduções sucessivas nas bancadas de publicação. Ao contrário do processo de base proposto no âmbito do XMI, são gerados documentos XML (e os respectivos esquemas), quer para a descrição dos modelos (meta-modelos) quer para a descrição das instâncias dos modelos (os dados concretos). Na Figura 3 ilustra-se esta característica relevando o facto de que mesmo para os modelos de navegação e apresentação são gerados (especificados) quer os documentos XML do modelo, quer os documentos XML das instâncias. Para além das ferramentas acima mencionadas propõe-se a utilização de componentes Java do lado do servidor e, por exemplo, XSLT e folhas de estilo, introduzidas na bancada de publicação adoptada, para a concretização da aplicação Web.

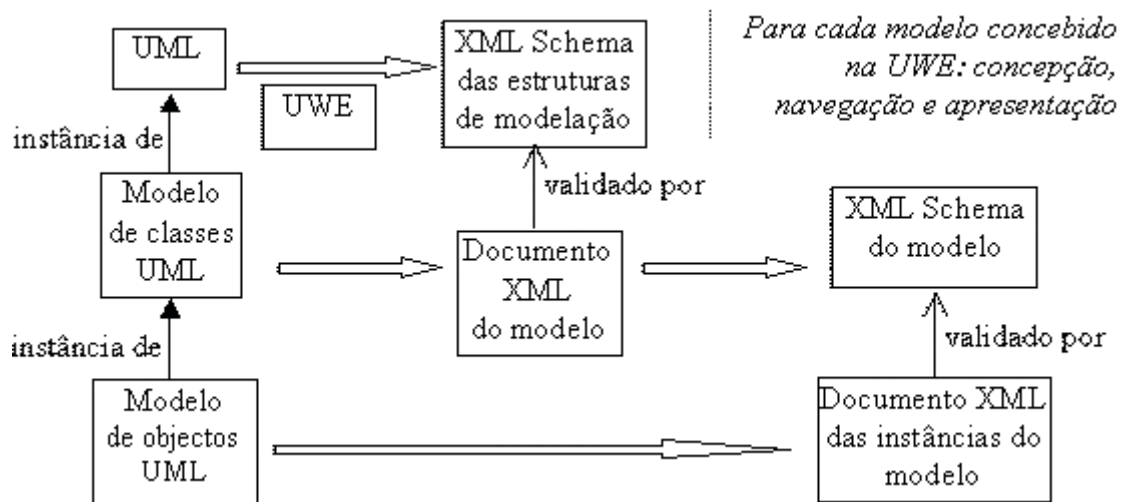


Figura 3. Documentos gerados na ligação da UWE à publicação XML

4. A Bancada de Produção de Aplicações XML a Partir de Modelos

As aplicações hipermédia criadas a partir de metodologias de concepção, especificamente definidas para estes sistemas, deverão seguir como princípios:

- uma separação clara entre a informação e os mecanismos de apresentação e interacção, quer para efeitos de modularidade, quer de reutilização, quer de adaptação a situações ou características dos dispositivos ou utilizadores;
- a manutenção das características de coerência na apresentação e interacção relativamente à informação, que estão na base da definição das metodologias de concepção adoptadas.

Neste sentido é particularmente importante que, tendo seleccionado o XML para a representação das aplicações, as especificações nesta linguagem reforcem as regras impostas pelas metodologias, e tirem partido das características de validação e modularidade suportadas nas arquitecturas XML. Assim, a metodologia proposta neste artigo, define o processo e identifica os elementos ilustrados na Figura 4.

Os elementos identificados no topo (sob a designação Metodologia) constituem DTDs e introduzem, respectivamente, os constructos base: (1) da UML, na linha do XMI; (2) da UML estendida com os estereótipos correspondentes aos modelos de navegação da UWE; (3) da UML estendida com os estereótipos correspondentes aos modelos de apresentação da UWE. Estes DTDs não serão normalmente refeitos em sistemas hipermédia distintos e dependem

exclusivamente da metodologia de concepção adoptada. No estado actual de desenvolvimento são especificados como DTDs e reflectem a aproximação UWE - deverão porventura transformar-se em esquemas XML tirando assim partido das características que estes oferecem.

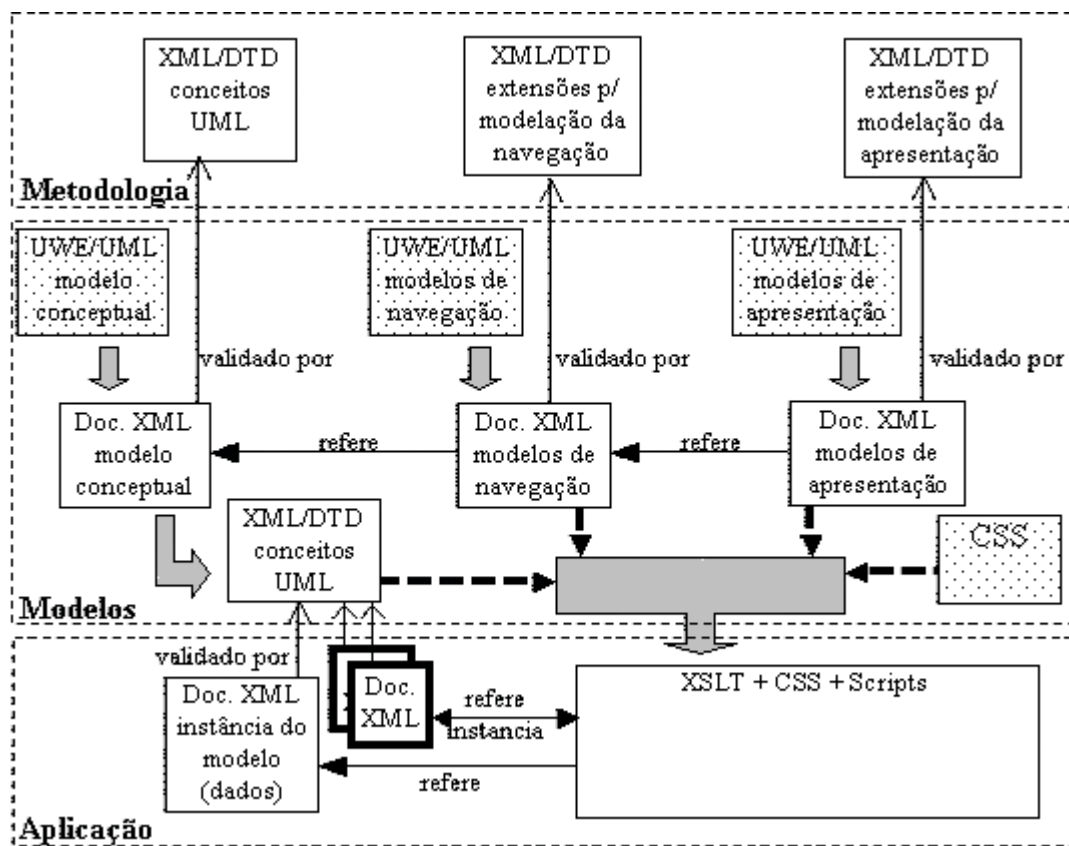


Figura 4. Processo de construção de aplicações XML a partir de modelos e metodologias

No rectângulo central, a traço interrompido, apresentam-se os documentos que resultam do processo de concepção do sistema hipermédia. Do ponto de vista de quem concebe, apenas as especificações UWE/UML e a especificação dos CSS são requeridos. Os restantes documentos, especificações XML dos modelos, são gerados automaticamente. A representação XML do DTD do modelo conceptual (i.e. o vocabulário para a descrição dos dados) é também gerada.

Finalmente, na componente de aplicação (rectângulo a traço interrompido, em baixo), os dados da aplicação são “ligados” aos modelos anteriormente definidos. Neste nível, são gerados documentos XML, validados pelo vocabulário (DTD) acima referido, e que descrevem de forma estruturada os dados da aplicação. A especificação XSLT, integrada com os CSS e os “scripts” adequados, é gerada a partir do conjunto de documentos XML que representam os modelos hipermédia originais.

Note-se que ao contrário da aproximação proposta por Kraus e Koch [2002], nesta arquitectura afigura-se perfeitamente dispensável, não só a geração de DTD ou esquemas XML para os modelos de navegação e apresentação, como a criação de documentos XML que os instanciam para dados específicos da aplicação - a especificação das instâncias (dados da aplicação) faz-se exclusivamente de acordo com o modelo conceptual. As especificações XSLT e os “scripts” eventualmente associados fundem os modelos de apresentação, navegação e também os de concepção, definindo apenas um conjunto de padrões responsáveis por instanciar as interfaces.

5. Arquitectura das Aplicações

As aplicações geradas são, como se disse, compostas por um conjunto de especificações XSLT e de “scripts” responsáveis pela criação da interface da aplicação. A Figura 5 ilustra a arquitectura típica dessas aplicações.

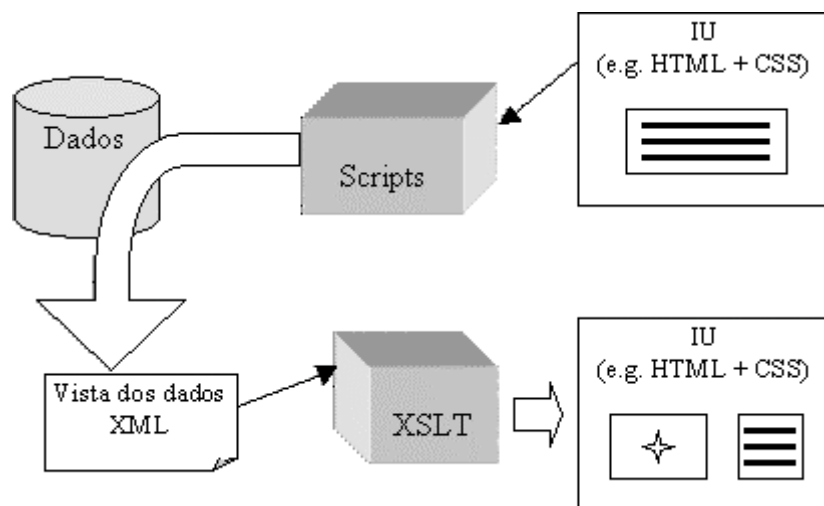


Figura 5 Arquitectura das aplicações geradas

As caixas representativas de “scripts” e XSLT, juntamente com os CSS usados na interface (referida por IU, nos documentos à direita), constituem os padrões acima referidos. Os dados correspondem às instâncias do modelo conceptual que podem ser representados por bases de dados clássicas ou especificações XML. Os “scripts” são responsáveis por criar “vistas dos dados” que agregam informação descrita ao nível conceptual (i.e. de acordo com o vocabulário XML do modelo correspondente), mas que engloba os requisitos dos modelos de apresentação. O XSLT, associado pelo “script” a uma determinada vista é o responsável pela materialização da nova IU.

A vantagem desta aproximação é permitir facilmente usar uma plataforma com um servidor (em que a linguagem de “script” será, por exemplo, PHP) ou uma opção totalmente “cliente”. Por outro lado a flexibilidade da utilização do XSLT, permite uma adaptação mais simples da interface a diferentes dispositivos ou simplesmente aparências (ou “estados de espírito”) diferentes. Relativamente à proposta de Kraus e Koch [2002], esta aproximação liberta-se das bancadas de publicação específicas, como o COCOON [Langham et al. 2002] – embora este seja também aqui usado, mas apenas na bancada de produção, na fase de geração.

6. Caso de Estudo

Como caso de estudo concebeu-se um sistema hipermédia, sob o tema “Museu de Arte Interactivo”. A concepção passou pelos passos determinados pela aproximação UWE, sendo posteriormente aplicado o processo de geração aqui proposto. O protótipo obtido em XML/XSLT/CSS/JavaScript executa-se sobre o Internet Explorer 6.

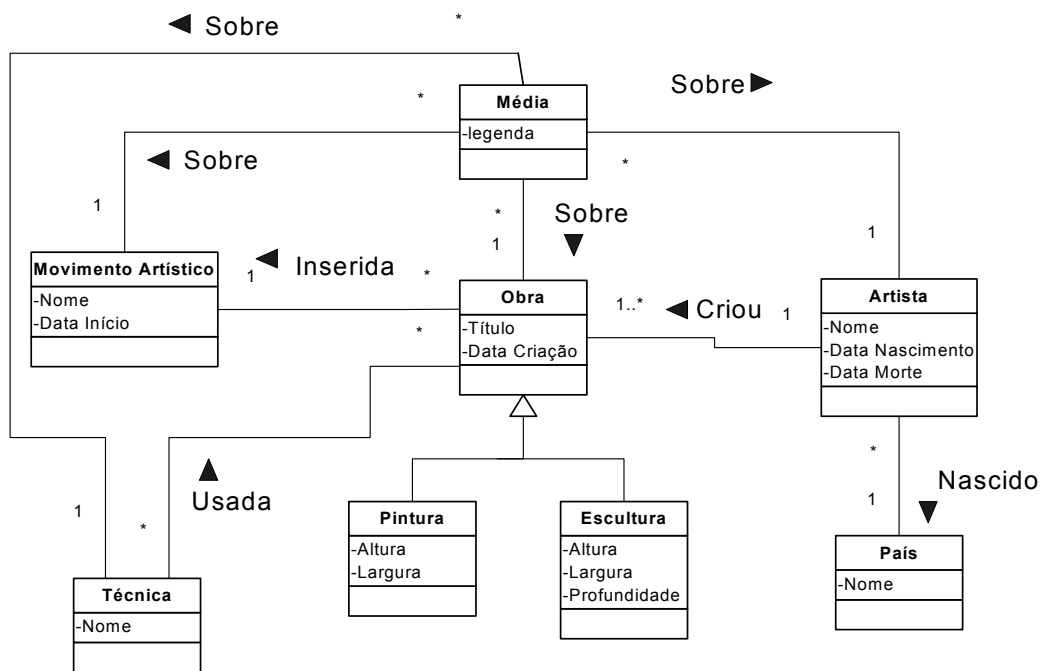


Figura 6. Excerto do Modelo Conceptual.

Na Figura 6 ilustra-se o modelo conceptual da aplicação em estudo. Os elementos usados nesta versão simplificada incluem conceitos de classe e atributo, associação e generalização da UML.

Uma vez definido este modelo concebeu-se ainda um modelo do espaço de navegação em que se omitem classes como “País” integrando-as em atributos da classe de navegação “Artista” – correspondente à homónima de concepção mostrada na figura. Posteriormente foram introduzidas as estruturas de navegação, a saber menus, índices e visitas guiadas obtendo um modelo semelhante ao apresentado na Figura 7.

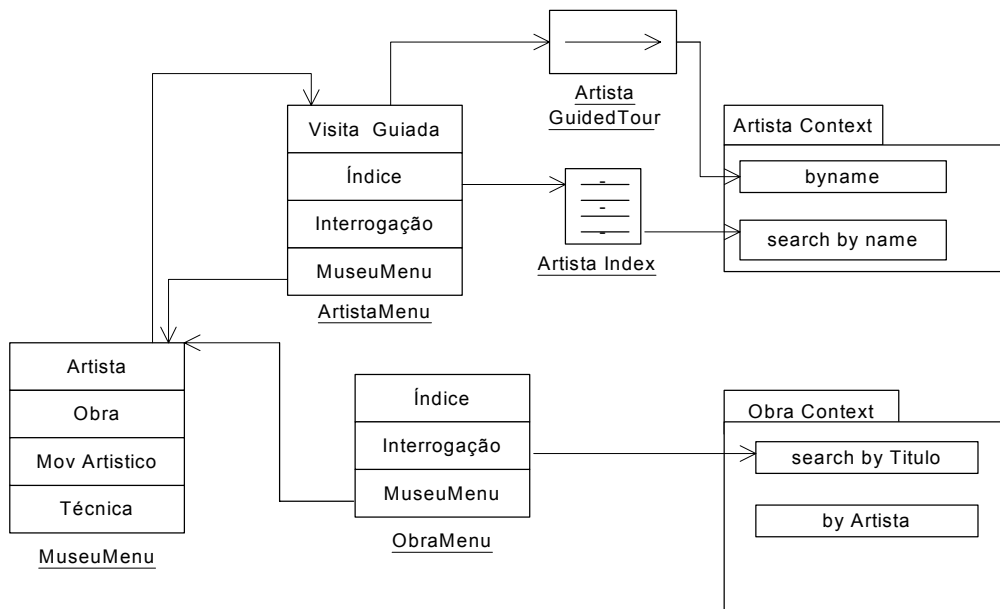


Figura 7. Excerto do modelos de Estrutura de Navegação

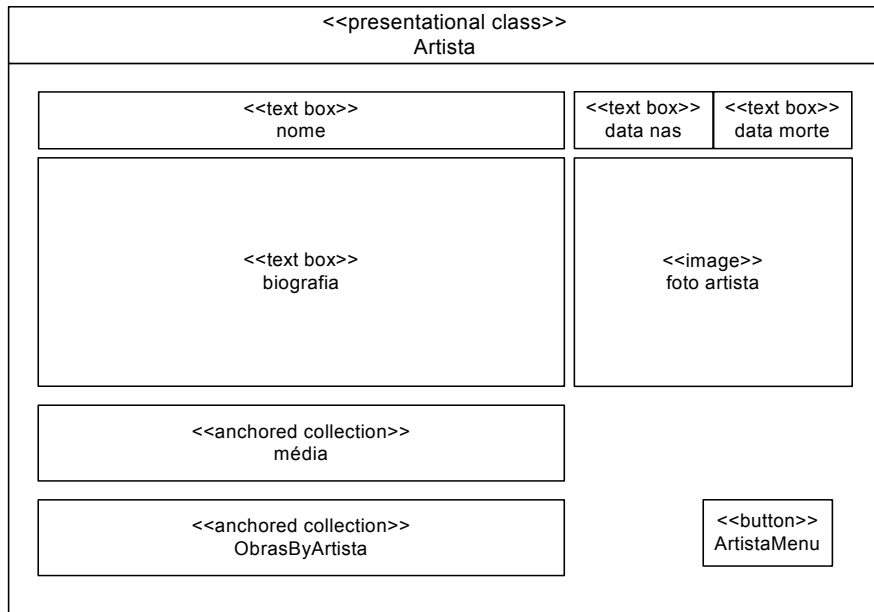


Figura 8. Excerto de um dos modelos de apresentação.

Na Figura 8 apresenta-se um dos modelos de apresentação desenvolvidos. Uma vez processados e combinados com uma especificação de CSS que concretiza os elementos de apresentação, estes modelos deram origem a um sistema de que se apresenta uma perspectiva na Figura 9.

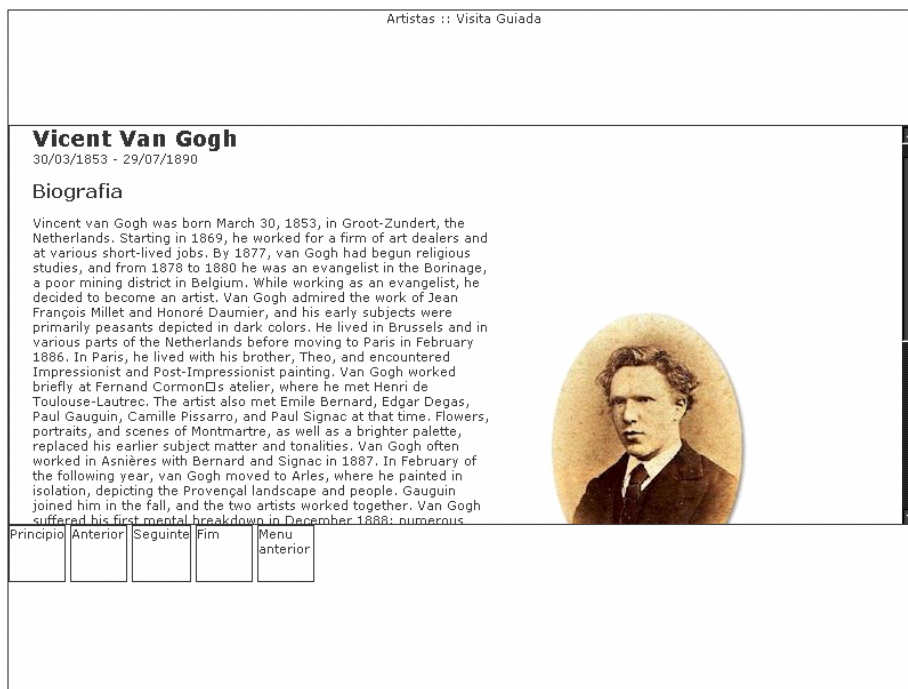


Figura 9. Visita guiada sobre Artistas.

Note-se que na figura se apresenta uma instanciação de um Artista, através do padrão definido pelo modelo de apresentação da figura anterior, enquadrado por um outro padrão de apresentação associado às visitas guiadas.

7. Conclusão

O trabalho desenvolvido permitiu identificar os padrões e procedimentos necessários à construção de uma plataforma, sobre XML, que concretiza os conceitos propostos nas metodologias de sistemas hipermédia, tirando partido nos mecanismos de validação e verificação na garantia da coerência indispensável à criação destes sistemas. Por outro lado, levantou questões importantes relativas aos três níveis de suporte requeridos (meta-modelação, modelação e instanciação) e à sua concretização numa plataforma sobre XML.

Estas questões, que manifestam problemas de desempenho, evolução e flexibilidade noutras aproximações que produzem XML [Krauss et al 2002], são resolvidas pela definição de uma arquitectura para as aplicações, que evita a especificação sucessiva das instancias ao nível dos vários modelos envolvidos. Circunda ainda a necessidade de adopção de bancadas de publicação específicas e reforça, pela manutenção dos padrões de apresentação e navegação, os requisitos de coerência que norteiam as metodologias adoptadas.

Como trabalho futuro mencione-se a introdução dos aspectos dinâmicos da modelação dos sistemas, na apresentação, não nos sentidos propostos em [Hennicker et al. 2001] e [Baumeister et al. 1999], mas numa perspectiva de meios (media) activos de base temporal. Nesse sentido a inclusão de diagramas de sequência estendidos, ao nível da modelação será complementada pela adopção de dialectos baseados no tempo (SMIL [W3C 2001], [Bulterman 2001] e [Bulterman 2002]), para suprir as necessidades multimédia das aplicações em foco.

8. Referências

- Balasubramanian, V. and Bashian, A. and Porcher D. "A large-scale hypermedia application using document management and Web technologies". *Proceedings of the eighth ACM conference on Hypertext*, 1997, 134-145.
- Barbosa, D. "XML and Hypermedia Applications". CSC2524S 2000 Project. 2000.
- Baumeister, H. and Koch, N. and Mandel, L. "Towards a UML extension for hypermedia design". In *UML99 The Unified Modeling Language - Beyond the Standard*, LNCS 1723, Fort Collins, USA, Springer. 1999.
- Booch, G. and Rumbaugh, J. and Jacobson, I. *The Unified Modelling Language User Guide*. Addison-Wesley. 1999.
- Bulterman, D. "SMIL 2.0 Part 1: Overview, Concepts, and Structure", *IEEE MultiMedia*, vol. 8, n.º 4. (2001).
- Bulterman, D. "SMIL 2.0 Part 2: Examples and Comparisons", *IEEE MultiMedia*, vol. 9, n.º 1. (2002).
- Carlson, D. *Modeling XML Applications with UML: Practical E-Business Applications*. Boston: Addison-Wesley. 2001.
- Carriço, L. and Lopes R. and Rodrigues M. and Dias A. "XML na Modelação de Sistemas Hipermédia", *XATA: XML Aplicações e Tecnologias Associadas*. 2003.
- Fraternali, P. and Paolini, P. "Model-Driven Development of Web Applications: The Autoweb System". *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 28, N.º 4. (2000).
- Langham, M. and Ziegler, C. *Cocoon: Building XML Applications*, New Riders. 2002.
- Morrison, M. and Boumphrey, F. and Brownell, B. *XML Unleashed*. Sams Publishing. 1999.
- Garzotto, F. and Mainetti, L. and Paolini, P. "Hypermedia Design, Analysis and Evaluation Issues". In *Communication of the ACM*, Vol. 38, N.º 8. (1995).

- Garzotto, F. and Paolini, P. and Schwabe, D. "HDM - A Model based Approach to Hypertext Application Design". In *ACM Transactions on Information Systems*, Vol.11, N.º 1. (1993).
- Hennicker, R. and Koch, N. "Modeling the User Interface of Web Applications with UML". In *Practical UML-Based Rigorous Development Methods - Countering or Integrating the eXtremists, Workshop of the pUML - Group at the UML 200*. 2001.
- Hennicker, R. and Koch, N. "A UML-based Methodology for Hypermedia Design". In A. Evans, S. Stuart, and B. Selic, editors, *UML'2000 - The Unified Modeling Language - Advancing the Standard*, Vol 1939 of Lecture Notes in Computer Science, York, England. Springer Verlag. 2000.
- Isakowitz, T. and Stohr E. and Balasubramanian P. "RMM - A Methodology for Structured Hypermedia Design". In *Communication of the ACM*, Vol. 38, Nº 8. (1995).
- Isakowitz, T. and Kamis, A. and Koufaris, M. "The Extended RMM Methodology for Web Publishing". *Working Paper IS98 -18*, Center for Research on Information Systems. 1998.
- Jackobson, I. and Booch, G. and Rumbaugh, J. *The Unified Software Development Process*. Addison-Wesley. 1998.
- Koch, N. "A Comparative Study of Methods for Hypermedia Development", *Technical Report 9905*, LudwigMaximilians - Universitt Munchen. 1999.
- Koch, N. and Kraus, A. "The expressive Power of UML-based Web Engineering". In *Second International Workshop on Web-oriented Software Technology*. D. Schwabe, O. Pastor, G. Rossi, and L. Olsina, editors. 2002.
- Kraus, A. and Koch, N. "Generation of Web Applications from UML Models using an XML Publishing Framework". In *6th World Conference on Integrated Design and Process Technology (IDPT)*. 2002.
- OMG, *XML Metadata Interchange (XMI)*, OMG Document ad/2001-06-12. 2001.
- Schwabe, D. and Rossi, G. "The Object Oriented Hypermedia Design Model". In *Communication of the ACM*, Vol. 38, Nº 8. (1995).
- Schwabe, D. and Rossi, G. and Barbosa, S. "Systematic Application Design with OOHDM". *Proceedings of the ACM Hypertext' 96 Conference*, USA. 1996.
- Schwabe, D. and Rossi, G. "Developing Hypermedia Applications Using OOHDM". *Proceedings of the Workshop on Hypermedia Development*, Pittsburgh, USA. 1998.
- W3C. *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 2.0)*. 2001.