

# XML na Modelação de Sistemas Hipermedia

Luís Carriço, Rui Lopes, Miguel Rodrigues e Amadeu Dias  
Departamento de Informática,  
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa  
Bloco C5, Piso 1, Campo Grande, Lisboa

Neste artigo apresenta-se uma metodologia de construção de aplicações hipermedia, 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. Esta propõe extensões à UML, sob a forma de estereótipos, que estabelecem interligações entre os modelos. 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 e a CSS a geração de aplicações hipermedia. 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 hipermedia.

## 1. Introdução

A criação de sistemas hipermedia e, em particular, a sua concretização na Web tem, na sua grande maioria, seguido uma aproximação desregrada com consequências frequentemente desastrosas, em termos de coerência, quer a nível da estrutura, da navegação ou mesmo da apresentação, que se reflecte naturalmente na sua usabilidade.

A utilização de metodologias de concepção, com ênfase nos aspectos de modelação, tem, tal como noutras áreas, emergido como forma de minimizar o problema. Das várias propostas oferecidas, desde o HDM [11][10], ao OOHDM[22][23], passando pelo RMM [14][15] e outras[17], surgiu recentemente a UWE [3][12][18]. A UWE (UML-based Web Engineering approach) tenta integrar as ideias específicas dessas metodologias, orientadas para os sistemas hipermedia, nas capacidades da UML [4]. 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 hipermedia.

Genericamente pode dizer-se que as metodologias de concepção de sistemas hipermedia seguem de perto as aproximações sistemáticas e iterativas dos modelos de processos de desenvolvimento de software (e.g. Processo Unificado [16]) com particular ênfase na iteração, tendo em conta a riqueza, flexibilidade e requisitos de usabilidade inerentes ao conceito “hipermedia”. Todavia, nas fases de análise e concepção (“design”) alargam e organizam as aproximações genéricas, sistematizando-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 OOHDM). Também nestas é comum a utilização de Casos de Uso como meio de fundamentar os modelos, particularmente as perspectivas de navegação e, posteriormente, as de apresentação.

Ao nível da estrutura de conceitos, e usando como base a UWE [13] e a sua relação com a UML, as extensões fundamentais colocam-se nos modelos de navegação e apresentação. Nos primeiros introduzem-se abstracções (na forma de estereótipos) de contextos, índices, menus, visitas guiadas e interrogações [3] que são usados em diagramas de classes UML, focados nos aspectos de navegação. Nos segundos são

definidos elementos abstractos de interacção, usados igualmente em variantes (extensões) de diagramas de classes [12]. Os aspectos dinâmicos da apresentação traduzem-se por diagramas de estados e os modelos conceptuais são modelos de classes UML .

Uma das questões que se coloca nestas metodologias é, sem dúvida, a forma como se concretizam os sistemas hipermédia a partir dos modelos de alto nível, mantendo as noções semânticas da metodologia e a coerência que daí resulta na sua instanciação. Obviamente não se deve sobrecarregar o processo de codificação com repetições ou reformulações desnecessárias dos padrões definidos, quer ao nível dos modelos, quer ao nível do meta-modelo definido pela estrutura de conceitos e pela sua articulação no âmbito da metodologia.

Nesse sentido, o trabalho relatado neste artigo, propõe a utilização de XML [9] na construção de um suporte lógico para a concretização de sistemas hipermédia, concebidos de acordo com a metodologia UWE. Para esse fim, foram definidos os tipos de documentos XML necessários à materialização da estrutura de conceitos usada nos três conjuntos de modelos propostos (conceptual, de navegação e de apresentação). Definiram-se os elementos base dos diagramas de classe UML (e.g. classes e associações), bem como os elementos correspondentes aos estereótipos de navegação e apresentação definidos na UWE.

Com base nesses elementos fez-se uma especificação de um caso de estudo, a saber um sistema hipermédia sobre museus. Cada um dos modelos elaborados aquando da concepção do sistema foi então especificado em XML, desde o modelo conceptual ao de apresentação. Por fim a concretização da estrutura de apresentação (abstracta no modelo) foi traduzida em HTML recorrendo ao XSLT e CSS. Naturalmente esta especificação define os padrões de apresentação e interacção 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). Finalmente as especificações, enquanto padrões de modelação e apresentação, foram reutilizados na instanciação dum protótipo do sistema propriamente dito.

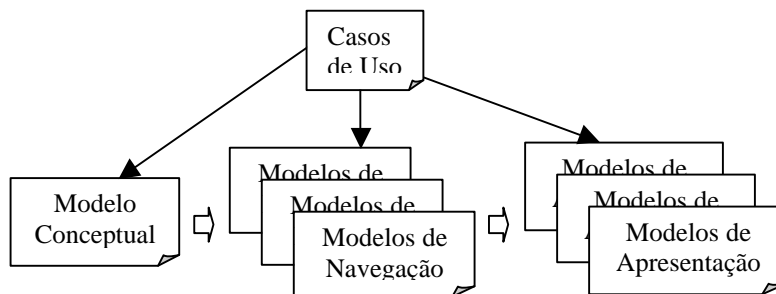
O artigo está organizado do seguinte modo: na secção seguinte apresenta-se um panorama das aproximações existentes para a modelação de sistemas hipermédia, dando especial relevância as características da UWE enquanto metodologia adoptada neste trabalho; na secção 3 discutem-se alguns aspectos e aplicações da interligação da UML com a XML, elaborando um pouco mais sobre trabalhos e projectos em curso, que fazem essa ligação no sentido da geração de aplicações Web a partir de metodologias de concepção hipermédia e em particular da UWE; na secção seguinte descrevem-se as características das estruturas e do processo que nortearam o trabalho relatado neste artigo; na secção 5 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 essencialmente com a publicação de um conjunto de artigos datados de 1995 em que metodologias como o HDM [10] o RMM [14] e o OOHDHDM [21] (na sua fase embrionária) foram apresentadas. Desde aí vêm surgindo evoluções [8][15] que, particularmente no caso do OOHDHDM [23] se têm aproximado das linguagens e metodologias de concepção de software genéricas, inclusive recorrendo à UML [4] nas fases iniciais do processo de desenvolvimento [22]. A UWE [13][3] propõe uma aproximação metodológica semelhante ao OOHDHDM, com a diferença de usar a UML ao longo de todo o processo de modulação. Nas suas evoluções mais recentes [18][12] 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).

### **Aspectos metodológicos**

As metodologias acima apresentam-se num conjunto de fases que dão origem a conjunto de modelos implícita ou explicitamente interligados (Figura 1). No caso das duas últimas os Casos de Uso tomam um papel relevante nas fases iniciais do levantamento de requisitos e guiam, tal como propostos em [16], todas as fases do processo de desenvolvimento. O seu papel é estrutural mas a sua relevância em termos da geração do XML ou de um qualquer sistema hipermédia esbate-se nos restantes modelos.



**Figura 1.** Modelos de concepção de um Sistema Hipermédia

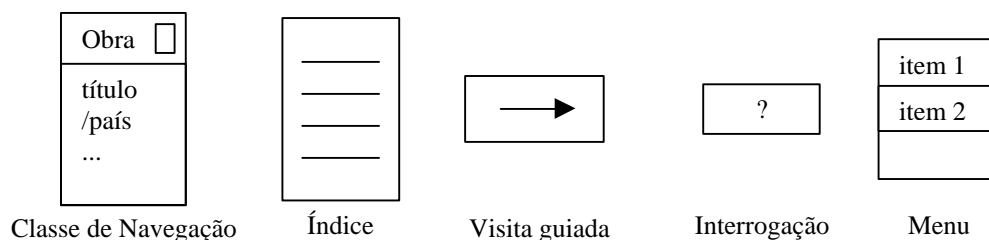
## Modelo conceptual

Quanto ao modelo conceptual este 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 (OOHM 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

Relativamente aos modelos de navegação apresentam-se apenas os conceitos relativos à aproximação UWE, embora se possam encontrar conceitos equivalentes nos 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, por conseguinte, é necessário estabelecer a correspondência entre classes de navegação e classes conceptuais e mesmo entre atributos das primeiras e atributos das segundas. A representação visual das classes de navegação ilustra-se na Figura 2.



**Figura 2.** Simplificação das 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 relação dirigida do índice para uma classe de destino), com base em parâmetros definidos pela classe de entrada (uma relação dirigida do índice para uma classe de destino). 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 livres mais de pesquisa (que normalmente resultam em índices), ao contrário dos menus que tipicamente 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 de facto um modelo de navegação[16][4], tipicamente decomposto em dois diagramas (do espaço e da estrutura).

## Modelos de apresentação

Na modelação da apresentação, no âmbito da UWE [12], introduzem-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). Esses 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. Especificação e Geração de XML

As propostas de ligação entre a XML [9] a UML [4] têm surgido sob as mais diversas formas. Entre elas deve mencionar-se o XMI (XML Metadata Interchange) [20] que, embora com um espectro mais abrangente que a UML, tem-se consolidado formato por excelência para a partilha de objectos, por exemplo, entre aplicações e ferramentas que trabalham sobre UML. A especificação XMI define um conjunto de regras rigorosas 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 (instâncias dos anteriores). A Figura 3 ilustra a utilização das regras XMI na produção de XML a partir de modelos UML.

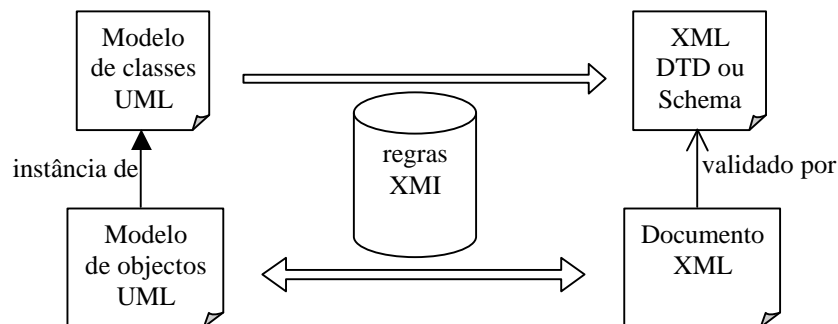


Figura 3. Geração de XML a partir de modelos UML

De uma forma simplificada dir-se-ia que classes e atributos UML originam a definição de elementos XML (ou tipos complexos) e respectivos atributos, sendo igualmente incluídas regras para a especificação de herança, estereótipos, etc. (veja-se [7][20] 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, possam 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 [7] 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.

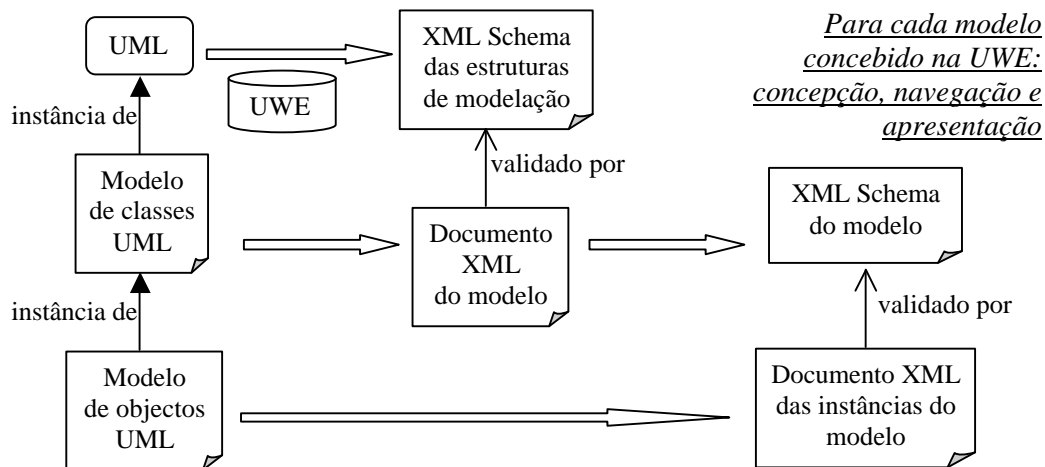
## Sistemas hipermédia e XML

É no sentido anterior, do desenvolvimento de aplicações, que surgem as propostas (e projectos) da geração de sistemas hipermédia, em particular para ambientes Web [1][2][8][19]. Estas distinguem-se das anteriores, em especial pela utilização de uma metodologia em que se inclui o conjunto de modelos acima

referido (conceptual, navegação e apresentação). A dificuldade acrescida imposta por estas aproximações refere-se essencialmente:

- à inter-relação existente entre os modelos (e.g. atributos relacionados, classes de um modelo que referem as de outro, etc.);
- à inter-relação existente entre os conceitos da própria aproximação (meta-classes) e as regras e procedimentos que pressupõem na 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”);
- à 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 [1] ou o HDM [8] 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 como exemplo (a UWE), Kraus e Koch [19] propõem uma aproximação à publicação em XML, para a geração de aplicações Web, a partir de modelos concebidos de acordo com a aproximação UWE.



**Figura 4.** Documentos gerados na ligação da UWE à publicação XML

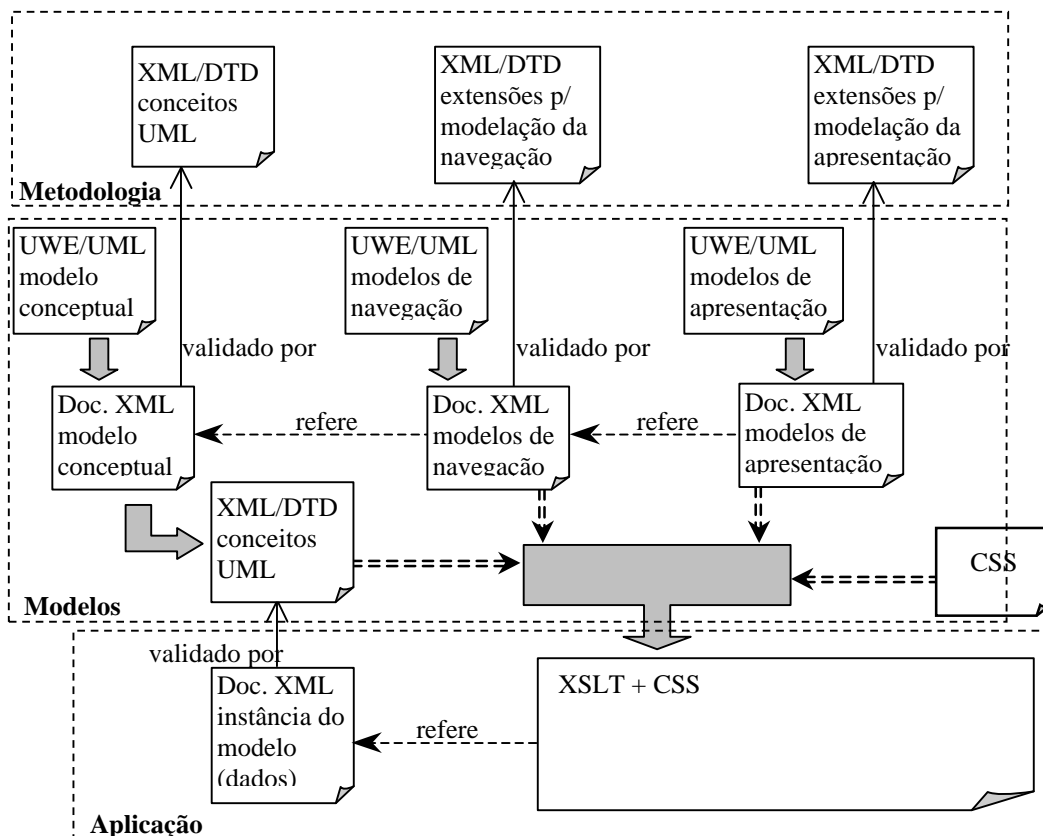
De acordo com os autores [18][19] a aproximação proposta integra ferramentas de especificação de modelos UML e de publicação XML, induzindo os modelos UML produzidos nas primeiras, por traduções sucessivas nas bancadas de publicação. Ao contrário do processo anteriormente apresentado na Figura 3 são gerados documentos XML (e os respectivos esquemas), quer para a descrição dos modelos quer para a descrição das instâncias dos modelos (os dados concretos). Na Figura 4 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.

## 4. A Tradução de Modelos em Aplicações XML

A construção de aplicações hipermédia em XML a partir de metodologias de concepção especificamente definidas para estes sistemas tem como objectivos basilares a criação de aplicações que:

- sigam 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 ;
- adoptem as características de coerência na apresentação e interacção com a informação que nortearam originalmente a definição das metodologias de concepção com o intuito de promover melhorias na usabilidade destes sistemas.

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 suportados nas arquitecturas XML. Assim a metodologia proposta neste artigo, define o processo e identifica os elementos ilustrados na Figura 5.



**Figura 5.** Processo de construção de aplicações XML a partir de modelos e metodologias

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.

No central rectângulo 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, sendo as restantes geradas automaticamente. Note-se que ao contrário da aproximação proposta por Kraus e Koch [19], afigura-se perfeitamente dispensável nesta arquitectura a geração de DTD ou esquemas XML para a criação de documentos XML que instanciam os modelos de navegação e apresentação. Estes funcionam apenas como padrões sendo a especificação das instâncias (dados da aplicação) exclusivamente definidas de acordo com o modelo conceptual.

Finalmente na componente de aplicação, o XSLT gerado a partir dos modelos extrai a informação de acordo com a instanciação do modelo conceptual apresentando-a coerente com os padrões de navegação, apresentação e interface (os CSS) especificados.

## 5. Um 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 executa-se sobre o Internet Explorer 6.

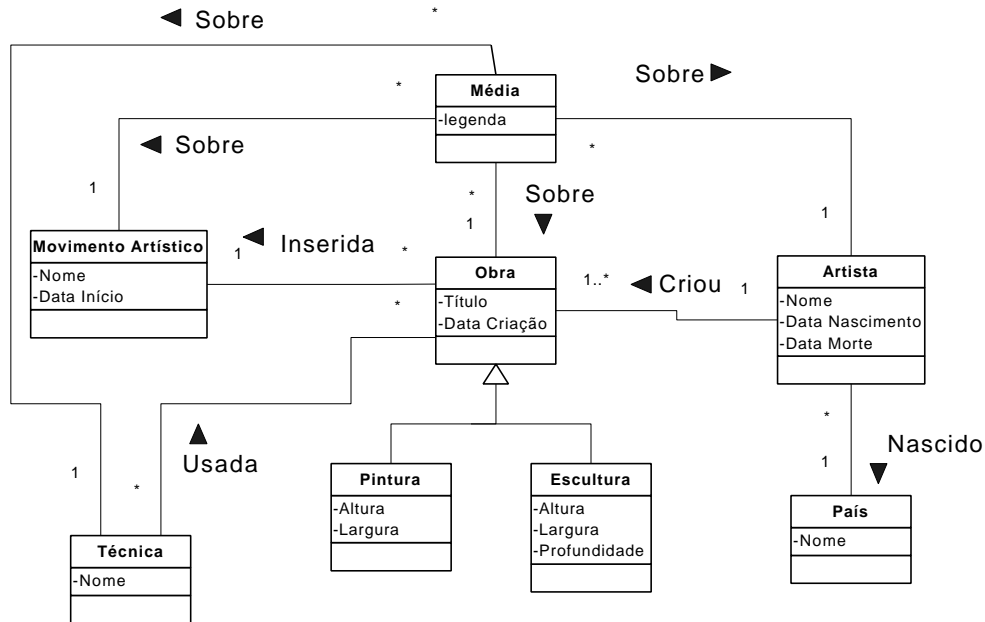


Figura 6. Excerto do Modelo Conceptual.

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

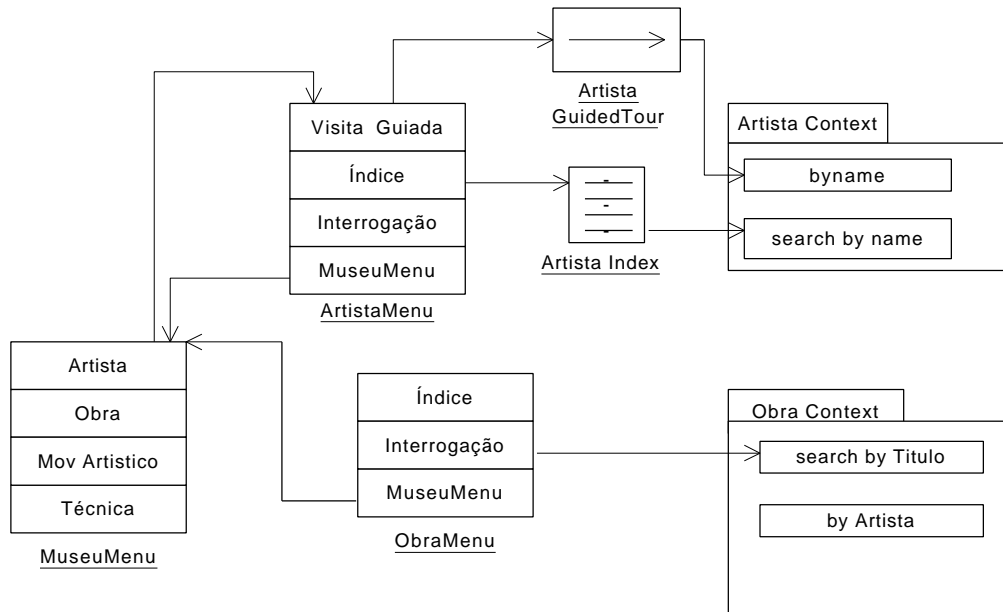
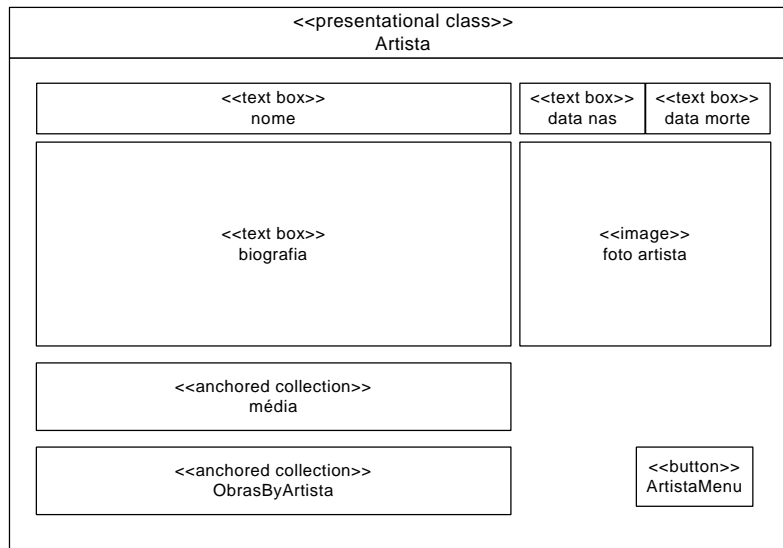


Figura 7. Excerto do modelos de Estrutura de Navegação

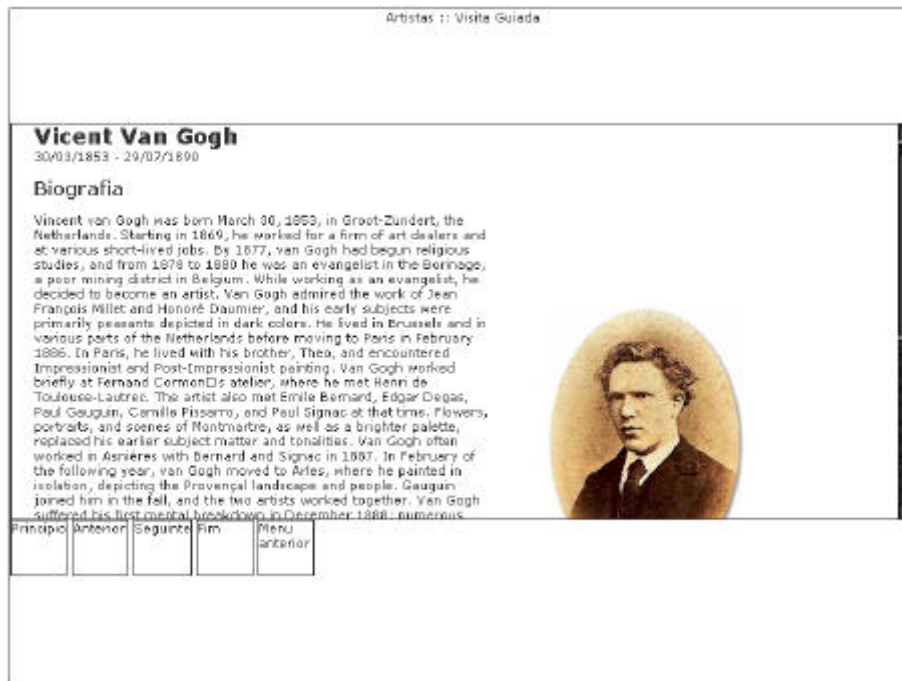
Uma vez definido este modelo concebeu-se ainda um modelo do espaço de navegação em que se omitem classes como “País” integrando-as em atributos da classe de navegação “Artista” – correspondente

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 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.



## 6. Conclusões e Trabalho Futuro

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 hipermedia, 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.

Como trabalho futuro mencione-se a introdução dos aspectos dinâmicos da modelação dos sistemas, na apresentação, não nos sentidos propostos em [12][3], 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 [24][5][6]), para suprir as necessidades multimédia das aplicações em foco.

## 7. Bibliografia

- [1] V. Balasubramanian, Alf Bashian and Daniel Porcher. "A large-scale hypermedia application using document management and Web technologies". Proceedings of the eighth ACM conference on Hypertext, pages 134-145, Southampton United Kingdom, April 6 - 11, 1997.
- [2] Denilson Barbosa. "XML and Hypermedia Applications" - CSC2524S 2000 Project
- [3] Hubert Baumeister, Nora Koch & Luis Mandel. "Towards a UML extension for hypermedia design". In UML99 The Unified Modeling Language - Beyond the Standard, LNCS 1723, Fort Collins, USA, Springer, October 1999.
- [4] Grady Booch, James Rumbaugh & Ivar Jacobson. "The Unified Modelling Language User Guide". Addison-Wesley, 1999.
- [5] Dick C. A. Bulterman. "SMIL 2.0 Part 2: Overview, Concepts, and Structure", IEEE MultiMedia, vol. 8, n.º 4, Oct-Dec, 2001.
- [6] Dick C. A. Bulterman. "SMIL 2.0 Part 1: Examples and Comparisons", IEEE MultiMedia, vol. 9, n.º 1, Jan-Mar, 2002.
- [7] David Carlson. "Modeling XML Applications with UML: Practical E-Business Applications". Boston: Addison-Wesley, 2001.
- [8] Piero Fraternali & Paolo Paolini. "Model-Driven Development of Web Applications: The Autoweb System", ACM Transactions on Information Systems, vol. 28, n.º 4, Oct 2000.
- [9] Michael Morrison, Frank Boumphrey & David Brownell (1999). "XML Unleashed". Sams Publishing.
- [10] Franca Garzotto, Luca Mainetti & Paolo Paolini. "Hypermedia Design, Analysis and Evaluation Issues", Communication of the ACM, vol. 38, n.º 8, Aug 1995.
- [11] Franca Garzotto, Paolo Paolini & Daniel Swabe. "HDM - A Model based Approach to Hypertext Application Design", ACM Transactions on Information Systems, vol. 11, n.º 1, Jan 1993.
- [12] Rolf Hennicker & Nora Koch. "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 2001, October 2001.
- [13] Rolf Hennicker & Nora Koch. "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, Oct 2000. Springer Verlag.
- [14] Tomás Isakowitz, Edward A. Stohr & P. Balasubramanian, "RMM - A Methodology for Structured Hypermedia Design", Communication of the ACM, vol. 38, n.º 8, Aug 1995.
- [15] Tomás Isakowitz, Arnold Kamis & Marius Koufaris. "The Extended RMM Methodology for Web Publishing", Working Paper IS98 -18, Center for Research on Information Systems, 1998.
- [16] Ivar Jacobson, Grady Booch & James Rumbaugh. "The Unified Software Development Process", Addison-Wesley, 1998.
- [17] Nora Koch. "A Comparative Study of Methods for Hypermedia Development", Technical Report 9905, LudwigMaximilians - Universitt Munchen, November 1999.

- [18] Nora Koch & Andreas Kraus. The expressive Power of UML-based Web Engineering. In Second International Workshop on Web-oriented Software Technology. CYTED, D. Schwabe, O. Pastor, G. Rossi, and L. Olsina, editors, June 2002.
- [19] Andreas Kraus & Nora Koch. "Generation of Web Applications from UML Models using an XML Publishing Framework". In 6th World Conference on Integrated Design and Process Technology (IDPT), June 2002.
- [20] OMG. "XML Metadata Interchange (XMI)", OMG Document ad/2001-06-12, June 2001.
- [21] Daniel Schwabe & Gustavo Rossi. "The Object Oriented Hypermedia Design Model", Communication of the ACM, vol. 38, n° 8, Aug 1995
- [22] Daniel Schwabe & Gustavo Rossi. "Developing Hypermedia Applications Using OOHDM", Workshop on Hypermedia Development, Pittsburgh, USA, Jun 1998.
- [23] Daniel Schwabe, Gustavo Rossi & Simone D. J. Barbosa. "Systematic Application Design with OOHDM", ACM Hypertext' 96, USA, 1996.
- [24] W3C. Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 2.0), Aug, 2001.