

# 1 Introdução

Sistemas hipermídia têm se tornado cada vez mais comuns no dia-a-dia de um grande número de pessoas, sendo a WWW (World-Wide Web) (Berners-Lee et al., 1994a) a principal responsável pela popularização desse paradigma de estruturação das informações. No entanto, diversos aspectos no projeto e desenvolvimento de sistemas hipermídia permanecem como tópicos em aberto, motivando inúmeros trabalhos de pesquisa.

Este capítulo inicialmente descreve, de uma forma genérica, os principais ambientes que compõem as arquiteturas dos sistemas hipermídia, a fim de motivar este trabalho e situar o contexto no qual ele se insere. Em seguida são destacados os objetivos desta tese e é descrita a estrutura deste documento.

## 1.1 Motivação

Como ponto de partida, é possível salientar três ambientes como formando a base principal do suporte ao tratamento de documentos hipermídia: o ambiente de autoria, o ambiente de armazenamento e o ambiente de execução. A Figura 1 ilustra os componentes básicos desses ambientes e os relacionamentos entre eles.

O ambiente de autoria hipermídia deve oferecer os recursos para que os usuários, no caso os autores, editem os hiperdocumentos, especificando, por exemplo, os seus componentes, as propriedades desses componentes, os relacionamentos internos existentes no documento e, possivelmente, relacionamentos externos, isto é, com componentes pertencentes a outros documentos. Mais ainda, é importante que no ambiente de autoria o autor tenha ferramentas que permitam especificar as características de exibição para cada um dos componentes.

Durante a edição, é interessante que o usuário possa usufruir de visões distintas em função do contexto de autoria mais relevante. Por exemplo, em um

dados momento da edição, pode ser mais útil trabalhar com uma visão estrutural dos componentes. Em outras circunstâncias, é possível que seja mais apropriado possuir uma visão temporal, mais próxima do formato final de apresentação do documento. Descrições das relações espaciais, da organização de um trabalho cooperativo e das relações de versionamento podem também justificar a existência de outras visões. É importante observar que essas visões não precisam, e muitas vezes não devem, funcionar isoladamente. Na maioria dos casos, as diferentes visões podem ser consideradas como dimensões que se complementam na constituição do documento hipermídia (Jourdan et al., 1998b; Muchaluat-Saade et al., 1997).

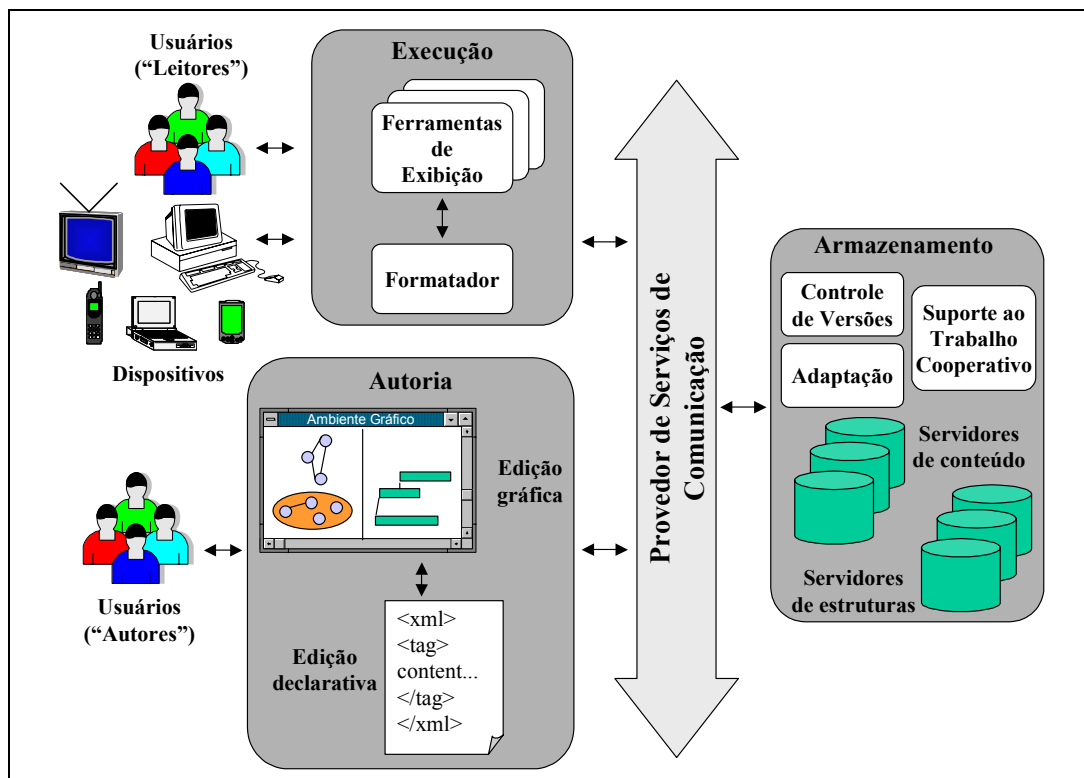


Figura 1 – Visão geral dos elementos envolvidos em um sistema hipermídia.

Duas abordagens têm sido usuais nos ambientes de autoria hipermídia, relacionadas à forma como a interface de especificação dos documentos é oferecida aos autores. Diversos sistemas dispõem de editores gráficos com o intuito de tornar a tarefa de especificação mais simples e natural. Nesse sentido, podem ser citados os ambientes de autoria dos sistemas Firefly (Buchanan & Zellweger, 1992), HyperProp (Soares et al., 2000) e Madeus (Jourdan et al., 1998a) e os editores CMIFed (van Rossum et al., 1993) e GRiNS (Oratrix, 2002).

No entanto, a WWW também popularizou o paradigma de especificação de documentos através de linguagens estruturadas e declarativas, primeiro com a linguagem HTML (W3C, 1999c) e posteriormente com a metalinguagem XML (W3C, 2000). Essa abordagem traz como importante benefício o fato de não haver necessidade do autor utilizar um software particular para autoria ou visualização da especificação, podendo ser utilizado um editor de texto genérico. No entanto, dependendo da complexidade da linguagem e do próprio documento, a tarefa do autor pode se tornar árdua e ineficiente. Diversos editores de texto específicos para linguagens declarativas trabalham nesse nível, oferecendo algumas facilidades para que o processo de autoria se torne menos penoso, como são os casos dos editores HomeSite (HomeSite, 2001), Arachnophilia (Lutus, 2002) e SMILGen (SMILGen, 2002).

O fato de existirem essas duas abordagens não implica que as mesmas sejam mutuamente excludentes; na realidade, elas se complementam. XML tem se mostrado uma forma simples e adequada para auxiliar na descrição estruturada de documentos. O seu formato textual pode não ser o mais eficiente, mas tem se revelado uma maneira apropriada de representar os documentos hipermídia, facilitando, principalmente, o intercâmbio desses documentos com os outros ambientes de um mesmo sistema, ou mesmo entre sistemas heterogêneos. No entanto, conforme discutido anteriormente, a complexidade de uma linguagem de autoria, ou mesmo de um documento, pode tornar a edição puramente textual inapropriada. Desse modo, é adequado conceber um ambiente de autoria onde haja facilidades gráficas para a edição, mas também exista uma representação estruturada e textual para os documentos sendo elaborados, podendo ser feita a passagem de uma abordagem de autoria para a outra em qualquer momento. Essa tem sido a prática adotada em alguns sistemas de autoria hipermídia (Oratrix, 2002; Jourdan et al. 1998a; Soares et al., 2000).

Retornando à divisão dos sistemas hipermídia nos três ambientes inicialmente apresentados, o próximo a ser comentado é o ambiente de armazenamento. A esse ambiente cabe oferecer os mecanismos para gravar, recuperar e até mesmo adaptar os documentos. Nos sistemas hipermídia distribuídos que seguem uma arquitetura cliente/servidor, como é o caso da grande

maioria dos sistemas, o ambiente de armazenamento pode ser visto como constituindo-se no próprio servidor hipermídia.

É possível separar o armazenamento em duas classes, que apresentam requisitos distintos e podem operar de maneira independente: o armazenamento da descrição dos documentos (contendo informações a respeito da estrutura, possivelmente dos relacionamentos entre os componentes e das especificações de apresentação) e o armazenamento do conteúdo dos objetos de mídia (arquivos de texto, imagem, áudio, vídeo etc.). Para o armazenamento das descrições dos documentos, é interessante que o ambiente disponha de mecanismos de controle de versão, de controle de acesso e de métodos para organizar o trabalho cooperativo de um conjunto de autores. É também útil que o ambiente permita que sejam recuperadas apenas partes de um documento, sem que isso obrigue a recuperação de um documento inteiro. Com relação ao armazenamento dos conteúdos dos componentes de um documento, é desejável, além da existência de mecanismos de controle de versão de conteúdo, que o serviço de entrega dos dados seja capaz de estabelecer e manter acordos de qualidade de serviço (QoS), principalmente para a entrega de conteúdos não convencionais, como os de objetos de áudio e vídeo.

Outra funcionalidade desejável em ambientes de armazenamento e que merece destaque é a capacidade de adaptar os hiperdocumentos (estrutura, apresentação ou o próprio conteúdo dos objetos) antes de entregá-los. Essa adaptação pode levar em consideração as características da plataforma no lado do ambiente de armazenamento (capacidade de processamento disponível, banda passante disponível para o acesso aos recursos gravados em memória secundária, número de clientes conectados, banda passante para transmissão dos dados no sistema de comunicação etc.) e também as informações provenientes do próprio ambiente de execução (preferências e conhecimento prévio do usuário, recursos de hardware disponíveis na plataforma de exibição, localização etc.). Todas essas informações fazem parte do contexto de apresentação do documento (Boll & Klas, 1999; Brusilovsky, 1996; Dey et al., 2001; Schilit et al., 1994; Villard et al., 2000). O principal objetivo da adaptação localizada no ambiente de armazenamento é que o mesmo forneça os conteúdos (ou mesmo o documento como um todo) com configurações que melhor atendam ao contexto em que eles

venham a ser exibidos, buscando ao mesmo tempo otimizar a utilização dos recursos que estejam situados no servidor (ambiente de armazenamento), no caminho até o cliente hipermídia (provedor de serviços de comunicação) e no próprio cliente (ambiente de execução). Idealmente, ao invés de prover uma única configuração rígida, o ambiente de armazenamento deve também ser capaz de fornecer os dados (conteúdos, descrição do documento etc.) com configurações flexíveis, permitindo que também o cliente tenha condições de aplicar transformações no documento, a fim de adequá-lo à sua visão do contexto de apresentação.

Independente do tipo de dado sendo armazenado (descrição ou conteúdo de objetos), o ambiente não deve ser restrito a um único local de gravação. É extremamente útil que o armazenamento seja distribuído em vários servidores e o ambiente ofereça recursos de cache, replicação, migração etc. É também desejável que a exata localização de um objeto seja transparente para os usuários das funcionalidades de persistência. Evidentemente, o oferecimento desses recursos e dessa transparência, preservando a escalabilidade do sistema, acarreta uma série de dificuldades para a manutenção da consistência dos dados.

O terceiro e último ambiente a ser comentado e que se constitui no foco desta tese é o ambiente de execução dos documentos, também conhecido como ambiente de apresentação. Esse ambiente normalmente encontra-se situado junto ao cliente hipermídia e deve conter os mecanismos para interagir com os usuários, no caso os leitores dos documentos, e controlar a exibição dos objetos (textos, imagens, vídeos, áudios etc.) de tal forma que as intenções especificadas pelos autores sejam respeitadas. Entre os elementos que compõem o ambiente de execução podem ser destacados: as ferramentas de exibição e o formatador hipermídia.

As ferramentas de exibição correspondem aos módulos de software, ou mesmo de hardware, responsáveis por lidar com os dispositivos de entrada e saída e controlar a exibição do conteúdo dos objetos, cuidando, por exemplo, de questões de descompressão, tratamento de interações do usuário, controle da taxa de exibição para o caso de objetos de mídia contínua etc.

O formatador hipermídia é o nome dado ao elemento que reúne as funções para o controle propriamente dito da apresentação. O termo formatador hipermídia

(ou simplesmente formatador) (Buchanan & Zellweger, 1993a; Rodrigues et al., 1997; Soares et al., 2000; Villard et al., 2000) costuma ser empregado numa analogia aos formatadores de texto<sup>1</sup>. Da mesma forma que os formatadores textuais retiram do autor a carga de manualmente posicionar os elementos na forma final desejada, os formatadores hipermídia idealmente efetuam um ajuste automático da apresentação, a fim de simplificar o processo de autoria e a sua manutenção. No entanto, a presença de objetos de mídia contínua e de relacionamentos de sincronização temporal e espacial tornam as tarefas do formatador hipermídia complexas de serem desempenhadas.

Em primeiro lugar, é importante que o formatador hipermídia e as ferramentas de exibição apresentem uma forte integração, com uma interface bem definida para a troca das mensagens, pois são essas ferramentas que decodificam os conteúdos e são capazes de perceber o ponto exato em que a exibição de um determinado objeto se encontra para informá-lo ao formatador. Além disso, o usuário interage diretamente com as ferramentas de exibição e não com o formatador, cabendo a elas repassar as informações a respeito dessas interações. Por outro lado, o formatador deve poder enviar comandos às ferramentas para que, por exemplo, a taxa de apresentação de um objeto seja modificada a fim de recuperar a sincronização do documento.

Muitas vezes, a fim de manter consistente a apresentação, o formatador precisará ajustar o hiperdocumento (estrutura ou a forma de apresentação), ou mesmo requisitar que as ferramentas ajustem a exibição de cada conteúdo. Esses ajustes podem ser necessários por causa da flexibilidade na descrição dos documentos oferecida nos ambientes de autoria e de armazenamento; pela própria navegação do usuário, gerando eventos que não puderam ser previstos antes de iniciar a exibição do documento; por atrasos, também impossíveis de serem previstos no sistema operacional e na rede; ou por quaisquer outras informações provenientes do contexto de exibição (recursos de hardware disponíveis na máquina do cliente, preferências e perfil do usuário etc.). Sendo assim, de maneira similar ao que foi especificado para o ambiente de armazenamento, também no ambiente de execução devem existir mecanismos de adaptação, que levem em

---

<sup>1</sup> *Player* e *engine* são outros dois termos também comuns de serem encontrados na literatura como denominação do elemento responsável por controlar a exibição de documentos hipermídia.

conta as flexibilidades na especificação do documento e as características da plataforma de exibição e do usuário.

Na realidade, os mecanismos de adaptação no ambiente de armazenamento são úteis quando o mesmo se encontra em uma máquina diferente da máquina onde o documento será exibido, ou seja, uma estação que difere da estação que contém o ambiente de execução. Nesse caso, a adaptação ocorre como uma forma de eliminar as configurações inviáveis (ou inconsistentes) de apresentação de um documento, buscando evitar o desperdício na utilização dos recursos de comunicação e processamento. Mais ainda, quando realizados no ambiente de armazenamento, esses mecanismos podem simplificar o projeto e a implementação dos ambientes de execução, facilitando inclusive a integração com clientes simples, já desenvolvidos, sem capacidade de adaptação. No entanto, é importante frisar que, sem estratégias de adaptação no cliente, é impossível ter um controle adequado sobre a qualidade das apresentações dos hiperdocumentos, pois várias das estratégias de ajuste, ou mesmo de prevenção, que são algumas das funções dos mecanismos de adaptação, devem estar localizadas o mais próximo possível do usuário “leitor”, que é justamente quem percebe quando ocorre uma variação qualquer que afete a compreensão do documento. Além disso, se por um lado a incorporação desses mecanismos aumenta a complexidade dos clientes, a distribuição do processamento despendido com os mecanismos de adaptação, que não é desprezível, torna a arquitetura mais escalável.

Cabe aqui comentar que as estratégias de adaptação no formatador são desejáveis, mas mais desejável ainda é que uma vez iniciada uma apresentação, a necessidade para que ajustes ocorram seja mínima. Dessa forma, o formatador deve procurar sempre analisar a descrição de apresentação e a estrutura do hiperdocumento antes da sua exibição, planejar a sua execução e, sempre que possível, antecipar-se às ações, para diminuir as chances de ser surpreendido pelos acontecimentos imprevisíveis anteriormente mencionados, principalmente as questões de atraso no sistema operacional e na rede.

Idealmente, a configuração de um sistema hipermídia não deve impor restrição à localização de cada um dos ambientes, podendo os mesmos residir em máquinas distintas ou em uma mesma máquina. Mais ainda, cada ambiente pode constituir-se em um conjunto de estações, formando o próprio ambiente uma

arquitetura distribuída. O armazenamento é o caso mais comum e foi comentado anteriormente. No entanto, essa configuração distribuída pode também ser útil para autoria e apresentação. No primeiro caso, é possível considerar como exemplo um cenário onde a autoria seja feita de maneira cooperativa envolvendo diversos usuários (Gorini, 2001). Já um sistema de teleconferência com suporte ao intercâmbio de documentos e à realização de anotações poderia ser considerado como um exemplo de apresentação hipermídia distribuída (Oliveira, 1996).

A troca de informações entre os vários ambientes será sempre intermediada por um provedor de serviços de comunicação (Colcher, 1999). Nos casos mais comuns em que os ambientes se encontram localizados em máquinas distintas, a própria rede juntamente com o hardware e software de comunicação presentes em cada estação formam esse provedor. No caso particular em que todos os ambientes encontram-se na mesma estação, o provedor de comunicação pode ser representado pelo sistema operacional e os mecanismos utilizados localmente para a troca de mensagens. As características desse provedor e dos serviços por ele oferecidos (serviço de melhor esforço, serviço com reserva de recursos etc.) exercerão influência direta no projeto dos ambientes, principalmente os de apresentação e armazenamento, conforme será melhor discutido no Capítulo 4 deste trabalho.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo desta tese é abordar as questões relacionadas ao controle de execução de documentos hipermídia no lado cliente, com destaque especial para os mecanismos de adaptação das apresentações. Sendo assim, o foco deste trabalho é a modelagem de ambientes de execução hipermídia (Figura 1). Contudo, uma vez que alguns aspectos de exibição estão diretamente relacionados às características dos provedores de comunicação (rede) e processamento (sistema operacional), esta tese também estabelece as interfaces para junção com os serviços oferecidos por um provedor de comunicação e processamento, baseado em uma arquitetura com provisão e gerência de QoS (Gomes, 1999; Gomes et al., 2001).



Sendo este um trabalho para abordar os aspectos de execução das apresentações hipermídia, será essencial estabelecer um modelo de documentos hipermídia apropriado para o controle das apresentações. Mais ainda, este modelo deverá permitir especificações que favoreçam a implementação de mecanismos de ajuste das exibições, fazendo com que a formatação da apresentação seja realizada de maneira adaptativa. O modelo proposto é baseado em máquinas de estados de eventos, relacionamentos de causalidade e relacionamentos de restrição. Cabe comentar que, para o desenvolvimento desta tese, as características do modelo hipermídia NCM (*Nested Context Model*) (Casanova et al., 1991; Soares et al., 1995; Souza, 1997) exerceram grande influência. Da mesma forma, o trabalho de pesquisa realizado também trouxe diversos refinamentos para o NCM (Soares et al., 1998a; Soares et al., 1998b; Soares et al., 1999; Soares et al., 2000; Soares et al., 2003).

A partir da proposta de modelo hipermídia para execução dos documentos, esta tese discute as funcionalidades que devem ser abordadas no projeto de ambientes de execução hipermídia. Entre as principais funcionalidades de formatação de hiperdocumentos que serão tratadas ao longo deste documento, podemos ressaltar: a adaptação dos documentos em função das especificações de autoria e das características da plataforma de exibição (por exemplo, ajuste das durações dos objetos de mídia e escolha do conteúdo mais adequado), a integração do formatador com ferramentas de exibição para diferentes tipos de mídia (vídeo, áudio, texto etc.), a elaboração de planos para a pré-busca dos objetos, a gerência da QoS para a transmissão e exibição dos conteúdos dos objetos e a conversão entre modelos de documentos de autoria e o modelo de execução.

As funcionalidades apresentadas são reunidas em um framework que tem como objetivo facilitar a implementação de ambientes de execução hipermídia. Essas funcionalidades são estruturadas de uma maneira modular, buscando permitir que nem todas estejam presentes em uma implementação real, sem que isso afete a lógica de funcionamento do formatador. Mais ainda, as principais funcionalidades são elas próprias modeladas como frameworks, objetivando que suas implementações possam também ser reusadas em mais de uma implementação de formatador hipermídia.

A fim de validar a proposta deste trabalho, foi realizada a implementação de um formatador seguindo a arquitetura definida e baseando-se no modelo de documentos para execução desenvolvido. A generalidade do modelo de execução permite acomodar modelos de documentos existentes através de instanciações de conversores no formatador. Nesse sentido, foram também implementados dois conversores capazes de realizar a tradução de outros dois modelos (NCM e SMIL) para o modelo de execução proposto.

### 1.3 Organização da tese

Esta tese está estruturada da seguinte forma. O Capítulo 2 discute as possibilidades de adaptação para hiperdocumentos e levanta os requisitos para os modelos de documentos hipermídia. A partir desse estudo, o capítulo apresenta o modelo hipermídia utilizado como ponto de partida para a construção da arquitetura de formatação. O Capítulo 3 aborda as funcionalidades desejáveis em um ambiente de execução hipermídia e estabelece uma arquitetura genérica para facilitar o projeto e implementação desses ambientes. O Capítulo 4 complementa o Capítulo 3 com uma análise dos requisitos dos mecanismos de adaptação e pré-busca de objetos em formatadores hipermídia. O capítulo também trata da questão da negociação e manutenção da qualidade de serviço (QoS) nas apresentações hipermídia, comentando os aspectos de integração do ambiente de execução com os provedores dos serviços de processamento e comunicação. O Capítulo 5 apresenta a instanciação da proposta para o sistema hipermídia HyperProp (Soares et al., 2000) e comenta a respeito de dois conversores desenvolvidos. Um que transforma especificações de documentos no modelo NCM para o modelo de execução do formatador HyperProp, e outro que adapta, para esse mesmo formatador, documentos especificados na linguagem SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) (W3C, 1998b; W3C, 2001a), padronizada pelo Consórcio WWW (*W3C Consortium*<sup>2</sup>). O Capítulo 6 traz uma comparação com os principais trabalhos relacionados na área e o Capítulo 7 tece as considerações finais da tese, salientando as contribuições do trabalho e as pesquisas futuras.

---

<sup>2</sup> <http://www.w3c.org/>