

## 8 Conclusões

Este capítulo apresenta as considerações gerais sobre a presente pesquisa, as contribuições mais relevantes e os trabalhos futuros mais recomendados.

### 8.1 Considerações Gerais

O presente trabalho apresenta a especificação e a implementação de um sistema integrado que permite a geração, interação e visualização de histórias interativas. O sistema é composto por três módulos: o IPG [33] que cuida da geração da história, o módulo de interação com o usuário (Gerenciador de Enredos) e o módulo de visualização 3D (motor gráfico).

A definição destes módulos, ou mais especificamente da arquitetura como um todo, é fruto de uma extensa pesquisa de aspectos relativos ao contexto dos enredos, operações a serem implementadas, interfaces de manipulação das histórias, estrutura interna da geometria dos modelos 3D, definição do ambiente de simulação gráfica a ser adotado e níveis de interatividade de que o usuário dispõe. Durante o desenvolvimento da presente tese, foram implementados protótipos iniciais, que mostraram detalhes mais específicos dos requisitos necessários para levar ao usuário conteúdo interativo por meio de informação gráfica animada.

Um dos maiores problemas enfrentados diz respeito às formas de integração entre módulos tão distintos que formam a estrutura do sistema. Em especial, a integração (em termos práticos de implementação) entre o Java e o Prolog, foi a que apresentou os maiores desafios. Graças à API Java do Sicstus Prolog e ao dinamismo do IPG, puderam-se criar mecanismos robustos para assegurar interatividade e, principalmente, coerência das histórias geradas. Os recursos implementados permitem que o usuário possa direcionar de várias formas o rumo da história, em vários níveis de interatividade. Neste aspecto, o Gerenciador de Enredos tem um papel

muito importante, pois torna mais clara e amigável a interação do usuário na especificação dos eventos que fazem parte da história, bem como da ordem com que devem ser representados.

O elenco de operações disponibilizadas, apesar de ser um tanto pequeno, mostrou-se muito satisfatório. A incorporação de níveis de proteção aos locais durante a geração dos enredos é um fator que contribui positivamente nesse aspecto. Os locais, assim especificados, trazem mais dinamismo e aumento de possibilidades de realizar-se um mesmo evento. O uso de restrições numéricas também é um outro fator que contribuiu para a dinâmica que histórias interativas requerem.

Quanto à implementação do motor gráfico, verifica-se que a abordagem adotada, apesar de ter sido trabalhosa, apresenta várias vantagens. Uma delas é a customização de todos os processos envolvidos, como gerenciamento de ações (estrutura de pilha), comunicação entre os módulos e especificação da câmera virtual. Em especial, a estrutura de pilha sugerida tem-se mostrado como melhor alternativa para o tratamento de ações complexas, bem como para o futuro tratamento de drives e emoções. Esta estrutura apresenta fácil implementação e se apresenta como uma poderosa solução para expandir as potencialidades das máquinas de estados finitos. Outra vantagem do desenvolvimento do motor 3D, ao invés de utilizar motores prontos, é ele se tornar totalmente desvinculado do sistema operacional. Essa é uma meta a ser alcançada, visto que, desta forma, a ferramenta pode ser facilmente portada para outras plataformas, especialmente as de set-top boxes.

Em termos visuais, este trabalho adota modelos 3D que podem retratar, com certo nível de fidelidade, as ações realizadas pelos personagens. O nível de detalhes de ações não se aproxima do nível de requinte apresentado pelo jogo de simulação *The Sims* [48], mas é suficiente para o entendimento das ações que estão sendo representadas. Da mesma forma, procura-se também contextualizar os objetos do cenário de modo a ressaltar aspectos específicos do enredo, que, no caso, relatam histórias medievais.

O modelo de gerenciamento e seleção de câmeras mostra-se muito prático para capturar eventos aleatórios onde figuram diferentes personagens executando diferentes ações a cada momento. As funções heurísticas implementadas fazem a seleção da melhor câmera a cada momento, procurando evitar cortes desnecessários. Entretanto, em situações onde ocorre a troca de personagem, cortes bruscos ainda estão presentes, o que não permite contextualizar a nova cena antes de dar início à exibição da ação corrente.

Finalmente, em relação à TV interativa, uma das principais características do sistema é a possibilidade de que tanto o nível de interação, como o conteúdo apresentado, sejam personalizados para cada usuário. Pela arquitetura proposta, exceto para o gerenciamento da base de dados, todos os demais processos utilizam o processamento do set-top box. Isso também evita sobrecarga de rede, um problema de difícil solução para diversos tipos de conteúdos interativos. Durante o desenvolvimento desta tese, todos os testes foram realizados com o uso de um computador pessoal. Não se tem como objetivo fazer avaliação de desempenho do sistema, entretanto, por questões de exemplificação, obtém-se uma taxa média de 60 fps (*frames per second*), em um Pentium 4 de 2.6 GHz, com uma placa de vídeo GeForce FX 5800, com 128 Mb de memória. Não buscou-se fazer testes reais em set-top boxes, visto que isso causaria uma sobrecarga desnecessária de tempo e dinheiro para o propósito desta tese.

Um paradigma que norteia o presente trabalho refere-se ao conceito de que TV interativa pode ser descrita como:

$$TV\ Interativa = TV + Jogo$$

onde jogo é a face interativa do processo. Entretanto, não se trata de incorporar jogos à TV digital. Os conceitos e modelos apresentados nesta tese criam um novo olhar para histórias interativas na TV digital, assim como apontam para um novo estilo de jogo que vai muito além do RPG convencional.

## 8.2 Contribuições Alcançadas

**Direcionamento lógico com representação coerente.** Tanto o IPG, a interface com o usuário, bem como o motor gráfico, trabalham conjuntamente e de forma sincronizada para garantir a geração, direcionamento e exibição das histórias de modo coerente. Todos estes recursos estão integrados em um único sistema multiplataforma, que faz uso de diversas tecnologias de software e linguagens de programação e que permite ao usuário brincar tanto de autor como espectador de histórias interativas. O fato dos módulos estarem implementados em diferentes linguagens de programação não implica na existência de mecanismos de comunicação fracos entre eles. Pelo contrário, cada módulo possui uma interface de comunicação comum,

que permite acoplá-los a outras ferramentas ou aplicativos, para prover o tipo de suporte necessário. Na literatura consultada, não foi encontrado nenhum sistema similar que use tanto esquemas fundamentados em lógica, para garantir coerência, bem como recursos gráficos, que permitem a fácil e parametrizada interação do usuário com a história que está sendo manipulada.

### **Mecanismos com vários níveis de interferência sobre a história.**

Pela concepção do sistema, o usuário pode interagir com a geração da história de maneira fraca ou forte. No primeiro caso, faz-se uso dos recursos que o IPG disponibiliza para definir os eventos da história. No segundo caso, o usuário tem maior controle sobre a história, o que permite a geração de conteúdo mais personalizado, pois permite que eventos e objetivos sejam inseridos na história. Neste caso, o IPG age como ferramenta de apoio lógico à autoria, cuja função é validar e, se necessário, criar novos eventos para garantir a coerência. Dos trabalhos correlatos discutidos nesta tese, o que mais se assemelha ao sistema proposto, relativo ao nível parametrizável de interação, é o proposto por Spierling [129], que define uma arquitetura que trata a especificação das histórias em quatro níveis de abstração (Figura 3.2). Entretanto, estes recursos de interação parametrizáveis são oferecidos a nível de autoria da história e têm como principal propósito dar ao autor, e não ao usuário do sistema, recursos que permitam a prototipação da história em camadas, desde a estrutura geral, até detalhes da animação dos personagens.

### **Eventos e atributos adequados para a representação gráfica.**

Como primeiros passos desta tese, foram investigados o contexto e possíveis eventos que as histórias abordariam. Para a especificação dos possíveis eventos, foram usadas, inicialmente, operações diretamente baseadas nas funções do trabalho de Propp para a validação do IPG, quando este foi implementado. Em seguida, procurou-se especificar um elenco de operações mais adequado tanto no que tange à geração de histórias quanto à sua representação através de animações gráficas, onde os personagens são interpretados por atores virtuais 3D. Propõe-se um pequeno elenco de operações, e regras de inferência de objetivos, mas que juntamente com atributos selecionados, formam a base para a criação de histórias diversificadas e que apresentam alto nível de interatividade e uma representação gráfica consistente. Em termos gráficos, deve-se ressaltar, em especial, a estrutura da cena utilizada,

que faz uso de elementos do cenário como forma de contextualizar os eventos que estão sendo apresentados. Todos os eventos ocorrem em um local específico do cenário, geralmente em frente aos objetos, o que facilita a compreensão pelo usuário do local onde o evento está sendo dramatizado. Neste aspecto, o sistema proposto oferece vantagens de personalização dos cenários, personagens e modelos, até então não observados na literatura.

### **Criação de um modelo comportamental baseado em pilha. O**

modelo proposto de pilha apresenta enormes potencialidades para aumentar o poder computacional das FSM. É uma abordagem muito superior mesmo se comparada com máquinas hierárquicas, pois torna a implementação mais simples e transparente. Esta solução facilitou a implementação do sistema. O modelo trata ações diversas, bem como comportamentos de manobras. Para tal, foram usados recursos de *path-planning* e tratamento de colisões, implementados por meio de uma estrutura de *waypoints* presentes em todos os objetos distribuídos no cenário. Outro ponto a salientar é a possibilidade de incorporar caminhos ao modelo através da geração progressiva de caminhos, onde possíveis obstáculos são tratados como ações intermediárias do tipo Walk, que são manipuladas do mesmo modo que as demais ações. Mostra-se também que o uso de uma pilha com apenas duas posições parece ser uma boa solução para este problema, independente da complexidade das ações em execução; e mesmo quando os agentes incorporam mecanismos de drives e emoções.

**Estudo e análise da incorporação de drives e emoções.** Apesar de não terem sido implementados, fez-se um estudo aprofundado ao longo desta tese relativo à incorporação de drives e emoções ao modelo, pois apresentam enormes potencialidades para tornar conteúdo e representação das histórias mais realistas e interessantes. Esta tese apresenta e discute pontos intrigantes que surgem quando se consideram causas e efeitos, tanto na geração como na representação das histórias, quando drives e emoções estão presentes. Uma questão, que ainda deve ser estudada em maior profundidade, refere-se à questão da influência que drives e emoções podem ter no direcionamento da história, especialmente quando tratados durante a representação gráfica, visto que, atualmente, o sistema proposto deixa somente a cargo do IPG processos referentes à geração do conteúdo. No Capítulo 5 desta tese, apresenta-se um esquema

conceitual para a incorporação de drives e emoções em nível de representação da história, que neste caso produz efeito apenas sobre ações intermediárias e a representação gráfica, mantendo assim a direção da história previamente simulada. Este estudo é original em se tratando de sistemas de *storytelling*.

**Especificação de um modelo de câmera automática.** No ambiente de *storytelling* apresentado nesta tese, a qualquer momento podem ocorrer mudanças do personagem-foco, bem como da ação corrente. Deste modo, o modelo de câmera virtual proposto faz uso de um repositório de três câmeras, que são configuradas para selecionar e capturar cada novo evento em exibição. Esta configuração permite que existam alternâncias entre câmeras ativas, segundo funções heurísticas que selecionam, a cada momento, a câmera mais adequada. A câmera também está integrada com a estrutura de *waypoints* do cenário, de modo que possa facilmente se posicionar de modo a capturar o evento em exibição. Na Seção 8.3 é apresentada a proposta de uma pequena mudança de paradigma, que dá à câmera maior controle sobre as ações processadas pelos atores virtuais, possibilitando assim melhor contextualização das cenas, em caso de cortes bruscos, entre duas tomadas consecutivas.

### **Modelo para incorporação de histórias em TV interativa.**

Mediante um estudo detalhado das tecnologias de iTV, pôde-se melhor compreender os requisitos necessários para levar conteúdo personalizado com interatividade parametrizável a cada usuário. Como resultado desta pesquisa, o Capítulo 6 apresenta uma arquitetura para a incorporação do sistema de histórias interativas proposto nesta tese em um provável ambiente de iTV. A arquitetura proposta mostra-se adequada para o propósito em questão, pois permite que cada usuário possa manipular o conteúdo individualizado, sem sobrecarregar as linhas de dados e processamento do servidor. Além disso, por ser multiplataforma, pode ser facilmente exportada para diferentes arquiteturas de set-top boxes. Acredita-se também que a incorporação de histórias interativas, em iTV, seja uma proposta inédita, pois não foi encontrado na literatura nenhum sistema que se proponha a tal fim. Além disso, as características que o sistema apresenta, em especial a interatividade parametrizável, se mostra como uma ótima solução para a questão do nível de interatividade

que o usuário/telespectador espera encontrar quanto interagindo com programas interativos.

### 8.3

#### Trabalhos Futuros

No decorrer do desenvolvimento desta tese, muitas idéias foram consideradas. Entretanto, dada a necessidade de atender aos aspectos de maior prioridade, nem todas puderam ser implementadas. A seguir, são apresentadas sugestões de pesquisas futuras.

**Gerenciador de Enredos:** O Gerenciador de Enredos é uma poderosa ferramenta de interação com o usuário, que, da mesma forma como ocorre com o IPG, opera sobre qualquer tipo de evento. Seus mecanismos permitem uma interação mais transparente com o IPG, mesmo para usuários que não têm afinidade com a linguagem e notação utilizadas. Entretanto, atualmente, os mecanismos de inserção de eventos e objetivos são baseados em parâmetros estáticos. Para tornar esta ferramenta mais genérica, deve-se incorporar mecanismos para consultar a base Prolog e, em função dos predicados nela estabelecido, montar as listas de argumentos que cada operação pode disponibilizar. Outro ponto a ser analisado consiste na extensão do Gerenciador de Enredos para permitir a definição do contexto das histórias através de uma interface gráfica intuitiva.

**Câmera virtual:** Atualmente, a câmera tem a função de descobrir, em tempo real, a ação a exibir e se configurar em função dela. Esta abordagem é a utilizada por Charles [29], como forma de capturar as ações que resultam da interação entre os personagens. Pelo que foi observado, este modelo de câmera tem maior aplicabilidade em sistemas que adotam a abordagem de geração de história baseada em personagem (*character-based*), visto que não se sabe de antemão, os eventos que irão ocorrer. No presente trabalho, faz-se uso de uma abordagem baseada em enredo, ou seja, o enredo comanda o andamento da visualização (*plot-based*). Como discutido no Capítulo 7, algumas tomadas iniciam com cortes bruscos, pois a câmera dá início à captura da nova cena quando ela já está ocorrendo, dificultando assim o entendimento pelo usuário do novo evento.

Para contornar este problema, propõe-se como trabalho futuro uma mudança de paradigma. Em vez das ações serem enviadas diretamente

aos personagens, estas seriam enviadas inicialmente para a câmera, como mostrado na Figura 8.1. Uma vez que a câmera sabe qual ação vai ocorrer e com qual personagem, ela pode inicialmente se posicionar e contextualizar a nova cena, para somente então redirecionar a ação ao personagem específico. Este processo somente deve ser realizado para ações que envolvam personagens principais.

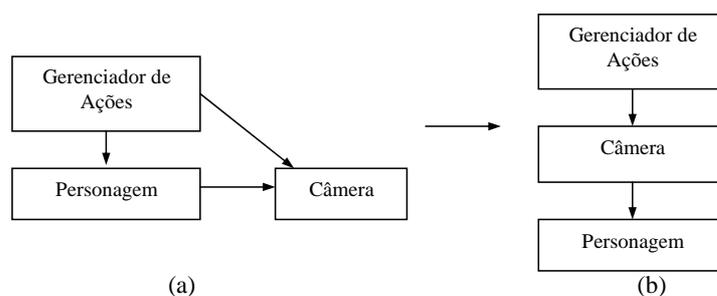


Figura 8.1: a) Modelo atual e b) novo modelo para implementação da câmera virtual.

Os recursos até então implementados na câmera estão muito aquém do necessário para tornar as tomadas tão realistas, como ocorre na dramatização atual em televisão. Para isso, recursos como transições mais suaves, movimentação da câmera durante tomadas, bem como efeitos para retratar situações específicas, como no caso de emoções, devem ser adicionados ao modelo. Estes problemas requerem a investigação de câmeras inteligentes que passem a comportar-se como diretores virtuais das histórias que estão sendo encenadas.

**Variabilidade de Histórias:** Vários aprimoramentos e a inclusão de novos recursos podem ser realizados no intuito de enriquecer as histórias, tanto sob os aspectos de variabilidade, como possibilidade de definição de eventos. A incorporação e o tratamento adequado de drives e emoções [37][16][65] mostram-se como uma ótima alternativa. Em especial, o efeito dos drives pode ser considerado tanto nos processos de simulação como de representação das histórias. Quando tratados a nível de representação, estes drives podem ser utilizados também como forma de direcionar o rumo da história. Nesse caso, mecanismos mais avançados de interação com o IPG fazem-se necessários. Esse esquema de geração do enredo se assemelha muito a uma abordagem baseada em personagens (*character-based*), onde a história emerge unicamente da interação entre personagens.

Alterações na ferramenta em mais alto nível incluem modificações nos algoritmos de planejamento do IPG tanto para a melhoria de desempenho quanto para obter um maior acoplamento com a visualização gráfica. Um exemplo disso é a possibilidade de tratamento dos eventos, já durante a fase de geração, como atividades com uma certa duração. Ao se aproximar os modelos lógicos e gráficos, é possível que o esforço para a obtenção de uma grande variedade de histórias seja reduzido.

**Aspectos Audiovisuais:** No que se refere a aspectos audiovisuais, propõe-se especialmente a incorporação de técnicas para a representação de expressões faciais, resultante das emoções que os personagens venham a exibir. Adicionalmente, os personagens podem também se expressar por meio de áudio, fazendo uso de um sistema integrado de animação facial com voz [92].

Para que os personagens possam expressar verbalmente ações ou diálogos, necessita-se inicialmente desenvolver ferramentas para a geração de textos que descrevam os encadeamentos de eventos que definem a história. A geração de textos para enredos gerados pelo IPG já vem sendo estudada [56], mas os textos gerados até o momento têm um caráter muito repetitivo. Pesquisas envolvendo linguagem natural podem eventualmente levar a textos de melhor qualidade.

Outro recurso que pode tornar as representações mais realistas é a geração de histórias paralelas entre personagens figurantes. Atualmente, os personagens figurantes limitam-se a guarnecer locais contra ataque de inimigos.

**Nível de Interatividade:** Está se investigando a possibilidade de implementação de dois novos recursos para tratar níveis mais avançados de interação: participação do usuário como personagem em uma história interativa e interação de vários usuários em uma única história interativa. No primeiro caso, o usuário assume o papel de um personagem (que atualmente é desempenhado por um agente), que deve desempenhar ações seqüenciais fornecidas pelo Gerenciador de Enredos. Já existem trabalhos na literatura que sugerem uma abordagem complementar: incorporação de histórias interativas em jogos [8][62].

Para o caso do usuário participar de sua própria história, algumas questões devem ser tratadas. Inicialmente, deve-se definir qual papel

o usuário vai assumir. Deve-se permitir que o usuário possa escolher, dentro do elenco de personagens, qual deseja vivenciar. Caso o usuário assuma um papel secundário, o fluxo da história pode ser mais facilmente garantido, visto que ações por ele realizadas não terão influência direta sobre os personagens principais. Caso o usuário escolha um personagem principal, deve existir algum mecanismo para garantir que as operações sejam executadas na ordem estipulada. Esta abordagem dá ao usuário maior liberdade de participação na história, cujo nível de interação pode ser semelhante à de jogos 3D em primeira pessoa.

Durante o desenrolar da história, o personagem controlado pelo usuário recebe as ações que deve realizar, estando a execução das mesmas sob responsabilidade do usuário. Para tornar a interação mais desafiadora, ações específicas como descobrir o local onde a ação deve ser executada, deslocar-se, lutar e procurar pelo inimigo, podem ser realizadas, em sua total funcionalidade, pelo usuário. O confronto entre a IA dos personagens autônomos com a esperteza do jogador pode dar à história um grau a mais de realismo. Esquemas de alternância entre a câmera em primeira pessoa com a câmera automática também devem ser pesquisados para esta situação.

Para o segundo caso, onde vários usuários interagem na mesma história, além dos problemas anteriormente mencionados, outros devem ser tratados. O principal se refere à estrutura cliente/servidor, proposta no Capítulo 6, para um ambiente de iTV. A representação da estrutura proposta é muito adequada quando existem vários usuários conectados ao servidor, interagindo individualmente com suas histórias. Entretanto, caso a mesma história seja compartilhada por mais de um usuário, aspectos de centralização dos processos de geração e controle da história devem ser devidamente cobertos.

**Tratamento de colisão entre atores:** Atualmente, o modelo de path-planning adotado para controle de movimentação dos personagens trata colisão apenas com objetos estáticos. Para uma representação mais realista, especialmente quando existem muitos personagens próximos, deve-se incorporar ao modelo esquemas para fazer o tratamento de colisão entre personagens. Para isso, pode-se fazer uso de técnicas usadas em problemas que envolvem simulação de multidões, bem como algoritmos e estratégias utilizados em jogos de computador.