



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB  
Centro de Ciências e Tecnologia – CCT  
Departamento de Sistemas e Computação - DSC  
Coordenação de Pós-Graduação em Informática – COPIN

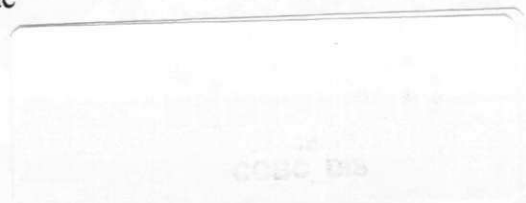
---

**UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA PERTURBAÇÕES  
TEMPORAIS NA DURAÇÃO DE DOCUMENTOS MULTIMÍDIA**

DANIELLE CRISTINE ANDRADE DE LIMA

Campina Grande

1999



DANIELLE CRISTINE ANDRADE DE LIMA

**UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA PERTURBAÇÕES TEMPORAIS NA  
DURAÇÃO DE DOCUMENTOS MULTIMÍDIA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Informática da Universidade Federal da Paraíba – Campus II, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre.

**Orientador:** Guido Lemos de Souza Filho

**Linha de Pesquisa:** Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos

**Área de Concentração:** Ciência da Computação

Campina Grande

1999



L732m Lima, Danielle Cristine Andrade de  
Um modelo de otimizacao para perturbacoes temporais na duracao de documentos multimidia / Danielle Cristine Andrade de Lima. - Campina Grande, 1999.  
51 f.

Dissertacao (Mestrado em Informatica) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Programacao de Sistemas 2. Programa Linear 3. Edicao de Apresentacao Multimidia 4. Rede PERT/CPM 5. Documentos Multimidia 6. Dissertacao - Informatica I. Souza Filho, Guido Lemos de II. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) III. Título

CDU 004.45(043)

**UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA PERTURBAÇÕES TEMPORAIS  
NA DURAÇÃO DE DOCUMENTOS MULTIMÍDIA**

**DANIELLE CRISTINE ANDRADE DE LIMA**

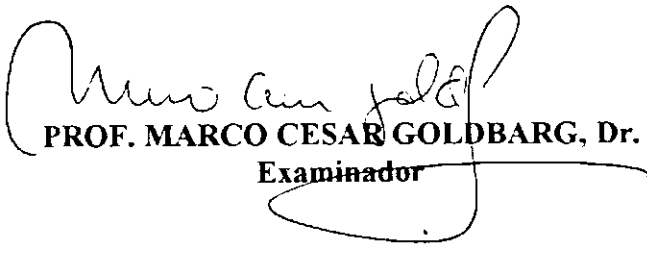


**DSSERTAÇÃO APROVADA EM 28.06.1999**

**PROF. GUIDO LEMOS DE SOUZA FILHO, Dr.  
Orientador**



**PROFª MARIA IZABEL CAVALCANTI CABRAL, D.Sc  
Examinadora**



**PROF. MARCO CESAR GOLDBERG, Dr.  
Examinador**

**CAMPINA GRANDE – PB**

Dedico este trabalho aos meus pais, Inês e Edivaldo de Lima, que me transmitiram compreensão e confiança; e ao meu noivo, Yvis, que me deu muito apoio e ânimo sempre que precisei e que, indiretamente, contribuiu para a realização desta dissertação.

# Agradecimentos

À Deus, por ter me dado força e paciência para transpor as dificuldades encontradas durante esta caminhada. Obrigada, Senhor, por permitir a concretização deste momento.

A minha família, especialmente meus pais, pelo constante apoio, compreensão e confiança.

Ao meu orientador, Guido Lemos de Souza Filho, pelos conhecimentos transmitidos e pelo tempo dedicado ao meu trabalho.

Ao professor Marco Cesar Goldbarg pelos ensinamentos dados e experiência compartilhada, de fundamental importância para minha dissertação.

Aos funcionários do DSC, principalmente Aninha, Vera, Zeneide e Manuela pela amizade e ajuda prestada.

Aos meus amigos e companheiros de mestrado, pessoas de sotaque e lugares diferentes que compartilharam comigo as alegrias e dificuldades desta fase de minha vida. Nem o tempo e a distância me fizeram esquecer vocês. Meus agradecimentos à Julianelli, Milena, Lilianne, Patrícia Andrade, Adriana, Marcão, Iano, Dalton, Luíza, Artur, Geruza, Ceni e Érica.

A todos os meus amigos, agradeço a amizade e atenção indispensáveis neste período. Pessoas maravilhosas, como: Patrícia Falcone, Marco Antônio, Ethel, Lucianna, Wilma, Dayse, Marcelo, Ana Paula, Percília, a equipe da recreação, dentre outros.

Meu agradecimento muito especial a Yvis pelo carinho e incentivo que me ajudaram a vencer as situações difíceis e a atingir este ideal. Obrigada por se fazer presente em todos os momentos, dividindo as expectativas e emoções de se fazer um mestrado.

# Resumo

A incorporação de recursos multimídia nos computadores digitais tornou possível a manipulação de apresentações multimídia nestas máquinas. Prover agilidade e flexibilidade na manutenção de tais apresentações tornou-se requisito fundamental nos sistemas de autoria. O termo *flexibilidade*, aqui referenciado, implica em atribuir aos componentes de uma apresentação um intervalo de tempo do qual uma nova duração pode ser definida. Neste contexto, foi desenvolvida esta dissertação, que propõe um modelo de otimização que permite atribuir a um documento multimídia, uma estrutura de tempo flexível cuja duração global varia segundo um conjunto de restrições, desviando-se o mínimo possível da configuração inicial do documento. Uma vez que a configuração inicial é considerada ideal, o modelo procura minimizar a perda de qualidade inerente a modificação da apresentação. O presente trabalho ainda aplicou uma pesquisa estatística, visando avaliar a qualidade de apresentações cujas durações sofreram ajustes de tempo definidos pelo modelo proposto.

# Abstract

The introduction of multimedia resources in digital computers allowed them to handle multimedia presentations. Agility and flexibility became fundamental requirements in the process of maintaining those presentations in authoring systems. The word *flexibility*, in this text, means assigning to a presentation's components a time interval from which a new duration will be defined. Based on the aspects issued, this research proposes an optimization model that gives a multimedia document the capacity of having an elastic time structure. This structure allows the document's global duration to vary according to a set of constraints, trying to keep it as close as possible to its initial state. As this initial state is considered suitable, the model tries to minimize the loss of quality caused by the presentation's change. The current work also applied a statistic research in order to evaluate the presentations' quality whose time schedules were solved by the proposed model.



# Sumário

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>viii</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação .....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Organização da Dissertação .....	4
<b>Capítulo 2 – Um Modelo Conceitual para Documentos Multimídia .....</b>	<b>6</b>
2.1 O Modelo de Contextos Aninhados.....	7
2.2 Editor e Browser de Sincronismo – EBS.....	9
2.2.1 Structural View.....	11
2.2.2 Spatial View .....	11
2.2.3 Time View .....	12
2.3 Ajuste de Tempo de Exibição de Cadeias Temporais .....	13
<b>Capítulo 3 – O Modelo de Otimização.....</b>	<b>15</b>
3.1 Modelo de Otimização <i>Fase 1</i> : Representação do problema via PERT\CPM..	15
3.1.1 Migrando do Modelo de Documento para a representação via Rede PERT/CPM.....	17
3.2 Modelo de Otimização <i>Fase 2</i> : <i>Shrinking</i> ou <i>Stretching</i> via Programação Linear .....	21

<b>Capítulo 4 – Avaliação do Modelo de Otimização.....</b>	<b>27</b>
4.1 Avaliando Qualidade.....	27
4.2 Analisando os Resultados.....	37
<b>Capítulo 5 – Trabalhos Relacionados.....</b>	<b>39</b>
5.1 Firefly.....	39
5.2 Modelo de Tempo Elástico.....	40
5.3 Chimp (Collaborative Heterogeneous Interactive Multimedia Plataform).....	41
5.4 Comparação Entre os Modelos.....	43
<b>Capítulo 6 – Conclusões e Perspectivas Futuras.....</b>	<b>45</b>
6.1 Perspectivas Futuras.....	47
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>49</b>

# Lista de Figuras

Figura 2.1 – As Visões de um Documento Multimídia.....	9
Figura 2.2 – As diferentes Visões da Autoria de Documentos Multimídia .....	10
Figura 2.3 – Esquema da Time View.....	12
Figura 3.1 – Rede PERT/CPM.....	16
Figura 3.2 – Visão Temporal do Documento.....	19
Figura 3.3 – Rede PERT do Documento.....	19
Figura 3.4 – Rede PERT-Exemplo.....	26
Figura 3.5 – Rede PERT-Exemplo Acelerada.....	26
Figura 3.6 – Rede PERT-Exemplo Desacelerada .....	26
Figura 4.1 – Questionário de Avaliação das Apresentações .....	28
Figura 4.2 – Visão Temporal do Documento Original.....	29
Figura 4.3 – Representação PERT/CPM do Documento Original.....	30
Figura 4.4 – Nível de Percepção das Apresentações.....	34
Figura 4.5 – Nível de Qualidade das Apresentações.....	35
Figura 5.1 – Visão Temporal da Relação de Igualdade.....	42

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Motivação

A evolução das estações de trabalho e dos computadores pessoais tornou possível manipular diversos tipos de dados (voz, vídeo, imagem gráfica) nos chamados sistemas multimídia. Os documentos manipulados nestes sistemas, cujo conteúdo inclui fragmentos de informação de diferentes mídias, são denominados de documentos multimídia<sup>1</sup>. As mídias que compõem esses documentos são classificadas, como: mídias dinâmicas (áudio e vídeo), cujo tempo de apresentação é parte da representação da mídia e mídias estáticas (texto e imagens gráficas) cujo tempo de apresentação é definido livremente pelo autor ou pelo leitor do documento.

A descrição das mídias que constituem um documento e da estrutura na qual elas estão organizadas é definida por meio de um modelo conceitual de documentos. A fim de obter-se uma especificação completa de um documento multimídia, é necessário que o modelo defina três aspectos principais: a estrutura dos conteúdos, que descreve os conteúdos dos componentes do documento; a estrutura lógica, que determina as relações lógicas existentes entre eles; e a estrutura da apresentação, que estabelece onde e quando as mídias componentes devem ser apresentadas.

---

<sup>1</sup> Deste ponto em diante, por simplicidade, documentos multimídia serão referenciados como documentos.

Neste texto, o termo *apresentação* indica a exibição das várias mídias que compõem um documento para o usuário. É importante mencionar que para manter a coerência da apresentação, é necessário que a exibição dos componentes do documento seja realizada de forma sincronizada. Assim, o modelo do documento deve prover entidades que permitam especificar as relações de sincronização, que definem o posicionamento dos componentes multimídia no espaço (sincronização espacial) e no tempo (sincronização temporal).

A definição de sincronização temporal e espacial dentro de um documento multimídia aumenta significativamente seu poder de comunicação. A sincronização espacial define como combinar objetos a serem apresentados em determinado dispositivo de saída, que depende da mídia em questão, em um dado instante do tempo. Por exemplo, supondo que os objetos a serem exibidos consistem em imagens e textos, a sincronização espacial é responsável por posicioná-los na janela da aplicação. Em se tratando de objetos de áudio, a sincronização espacial define o percentual de volume utilizado por cada componente em uma mixagem, por exemplo.

A sincronização temporal, por sua vez, abrange mecanismos que definem como a apresentação dos componentes de um documento é escalonada nos dispositivos de saída correspondentes. As relações de sincronização temporal podem ser de dois tipos: internas a um mesmo componente de mídia; e entre componentes diferentes. O primeiro caso refere-se a chamada sincronização intramídia (ou intrafluxo), onde a relação temporal é definida entre um dado e o próximo dado no mesmo fluxo de mídia. O segundo caso diz respeito à sincronização intermídia (ou interfluxo), onde a relação temporal existente relaciona os dados de dois ou mais fluxos diferentes. Na referência [StNa95], é possível obter mais informações à respeito de sincronização temporal. Esta dissertação discute problemas relacionados a sincronização intermídia que baseia-se no relacionamento entre eventos que ocorrem em diferentes componentes de um documento. Um evento pode ser definido como a ocorrência da exibição ou de uma seleção de uma região do documento previamente marcada pelo autor.

As relações temporais, referenciadas acima, controlam a ordem de apresentação dos componentes de mídia de um documento; elas especificam a seqüência de ocorrência de eventos durante a apresentação de um documento.

Sistemas multimídia/hipermídia são responsáveis pela autoria, armazenamento e a recuperação de documentos multimídia. O presente trabalho discute aspectos pertinentes a autoria destes documentos, tendo como objetivo propor um modelo quantitativo que permita alterar a duração global da apresentação de documentos, minimizando a perda de qualidade provocada pela modificação.

O esquema proposto deve ser integrado ao EBS [Costa96], que constitui uma ferramenta de autoria do sistema HyperProp [Soares95], que se utiliza de uma biblioteca de classes do Modelo de Contextos Aninhados (NCM), para representar os requisitos de sincronização temporal e espacial da apresentação de documentos multimídia [SoSoCa95]. Uma vez que os documentos criados no EBS possuem um layout temporal fixo, a necessidade de uma alteração na duração da apresentação dos mesmos exige consumo de tempo e esforço do autor. Foi no sentido de facilitar esta tarefa que foi elaborada esta dissertação.

## 1.2 Objetivos

O objeto de estudo desta dissertação encontra-se no âmbito do subsistema de autoria, mais especificamente, em nível de edição do sincronismo temporal dos documentos. É proposto um modelo que tem como objetivo mapear a estrutura temporal dos documentos multimídia criados no EBS para uma representação mais flexível, que permite prover, automaticamente, diferentes planos de apresentação para um mesmo documento. Tal facilidade inserida ao EBS tornará a tarefa de manutenção de documentos mais simples.

O termo *plano de apresentação* consiste, basicamente, num cronograma de eventos. Cada evento possui um instante esperado de ocorrência associado. O fim ou início de exibição de uma mídia, por exemplo, define o instante de ocorrência de um evento. No escopo deste trabalho, um evento pode ser de dois tipos: *evento de exibição* ou *de seleção* de uma unidade de informação. Esta depende de conteúdo da mídia, por exemplo, um quadro constitui uma unidade de informação de um vídeo; e um caractere, de um texto.

A obtenção de um plano de apresentação flexível para um documento requer que os tempos de ocorrência previsíveis, associados a cada mídia, possam ser ajustados dentro de um intervalo de valores. Dependendo da dimensão deste intervalo, um objeto multimídia pode ter seu tempo aumentado ou diminuído. Um custo associado a esta variação indica a penalidade

de se afastar da duração original (também considerada ótima). Seguindo este processo, o modelo proposto atribui para cada objeto multimídia a variação encontrada, satisfazendo as restrições de tempo do problema; desviando-se o mínimo possível do documento original; e garantindo, na medida do possível, que a especificação do autor seja mantida. Tudo isto é realizado antes da apresentação do documento, ou seja, em tempo de compilação.

A flexibilidade de um plano de apresentação refere-se a definição de parâmetros para realizar modificações na duração e na forma de apresentação dos segmentos de mídia. Esta última implica em permitir que o autor defina representações distintas de um mesmo segmento. Nesta dissertação é referenciado apenas o primeiro tipo de flexibilidade, aplicado a objetos multimídia que possuem um intervalo de tempo dentro do qual uma nova duração pode ser definida. Esta perturbação temporal pela qual o objeto é submetido ocorre de diversas formas, como: por meio de mudanças na taxa de exibição de uma mídia contínua, isto implica em, por exemplo, acelerar ou desacelerar um áudio; uma outra alternativa é congelar o último quadro de um vídeo; cortar ou inserir silêncio no áudio; aumentar ou diminuir o tempo de mídias estáticas, etc.

A falta de sincronismo entre os objetos de um documento multimídia pode causar insatisfação ao espectador. Porém, erros de sincronismo nem sempre são facilmente percebidos. Isto depende da percepção humana, que varia de indivíduo para indivíduo. Assim, a presente dissertação também realizou uma experiência com o intuito de avaliar a perda de qualidade sofrida por um documento que obteve diversos planos de apresentação sugeridos pelo modelo aqui proposto; e de medir o impacto que estes ajustes causam ao usuário que assiste uma apresentação gerada pelo modelo.

### **1.3 Organização da Dissertação**

Esta dissertação está organizada conforme explica esta seção.

No Capítulo 2 é apresentado o EBS, ferramenta de autoria do sistema multimídia/hipermídia HyperProp. São discutidos alguns detalhes relacionados ao seu modelo conceitual de dados multimídia, o NCM (Nested Context Model), destacando as classes do modelo conceitual que definem os aspectos referentes à sincronização temporal.

O Capítulo 3 é dedicado ao modelo de otimização para perturbações temporais em apresentações multimídia, proposto nesta dissertação. São descritas as duas fases de representação do modelo: a primeira fase é definida por uma rede PERT/CPM; e a segunda, por um problema de programação linear. Também é discutido como é realizada a migração de uma fase para outra.

No Capítulo 4 é discutido como procedeu-se a aplicação da pesquisa estatística realizada com o intuito de avaliar a qualidade de apresentações que tiveram suas durações redefinidas pelo modelo de otimização. Com base na análise dos resultados desta pesquisa, são expostas algumas conclusões relacionadas ao comportamento do modelo.

O Capítulo 5 descreve como outros sistemas de autoria tratam da questão de inserir flexibilidade na especificação temporal dos documentos. Este capítulo encerra-se com uma comparação realizada com os trabalhos relacionados.

Finalmente, o Capítulo 6 expõe as conclusões obtidas e propõe sugestões de trabalhos futuros e de estudos complementares.



## Capítulo 2

# Um Modelo Conceitual para Documentos Multimídia

Os sistemas multimídia/hipermídia se baseiam em um modelo de dados para organizar, estruturar e armazenar as informações de um documento. Esta estrutura de dados multimídia permite criar um documento como uma rede de nós multimídia conectados por elos.

O sistema HyperProp [Soares95] provê um ambiente para dar suporte à construção de aplicações multimídia/hipermídia. O seu modelo conceitual de dados, o *Modelo de Contextos Aninhados* (Nested Context Model - NCM), provê entidades necessárias à criação de documentos multimídia, que traduzidas para uma representação MHEG [MHEG95] garantem o intercâmbio de objetos, como descrito em [SoSo96], entre diferentes aplicações multimídia/hipermídia que seguem o mesmo padrão.

Este capítulo descreve uma versão simplificada do modelo conceitual de dados do sistema HyperProp, o NCM. Será também apresentado o EBS (Editor e Browser de Sincronismo) [Costa96] [CoSoSo96], ferramenta de autoria do HyperProp, que utiliza elementos do NCM para criar documentos multimídia/hipermídia.

## 2.1 O Modelo de Contextos Aninhados

O HyperProp provê um modelo conceitual de dados hipermídia, o Modelo de Contextos Aninhados (Nested Context Model - NCM) que permite a definição de documentos multimídia baseados nos conceitos de nós e elos. Nós são fragmentos de informação que se dividem em: nós de conteúdo e nós de composição.

A classe de nós de conteúdo contém dados cuja estrutura interna é dependente da aplicação. Esta classe pode ser especializada em nós de texto, nós de imagem, nós de áudio, nós de vídeo. Um nó de composição é constituído por uma coleção de elos e de nós de conteúdo ou de composição. Nós de composição podem estar contidos, recursivamente, em diferentes nós de composição; e podem ser aninhados em diferentes profundidades, respeitando-se a restrição de que um nó não pode conter, recursivamente, a si mesmo. Neste contexto, surge o conceito de perspectiva. Esta identifica a seqüência de nós de composição aninhados segundo a qual um determinado nó está sendo observado.

Os elos definem as possíveis relações que possam existir entre eventos de diferentes nós componentes de um documento. Existem dois tipos de elos: elo de sincronização (ou synclink) e elo hipermídia (ou hyperlink). Neste último deve existir pelo menos um evento assíncrono (ou de seleção).

Um elo possui três atributos adicionais: o conjunto de pontos terminais de origem, o conjunto pontos terminais de destino e o ponto de encontro. Os pontos terminais de origem e destino definem os eventos de exibição ou seleção de um conjunto de unidades de informação. No contexto deste trabalho, os eventos são definidos por uma tupla do tipo  $\langle (N_k, \dots, N_2, N_1), \alpha, tipo, (t_{min}, t_{oti}, t_{esp}, t_{max}, custo) \rangle$ , onde:

- $N_i$ : é um nó de composição, onde  $N_i$  está contido em  $N_{i+1}$ , para todo  $i \in [1, k]$ , com  $k > 0$ ;
- $\alpha$ : é um identificador de uma âncora de um nó  $N_i$ . Uma âncora define um segmento dentro do conteúdo de um nó;
- *tipo*: define se o evento é de exibição ou seleção;
- $t_{min}$ : indica o valor mínimo que a ocorrência do evento pode assumir;
- $t_{oti}$ : especifica a o tempo de ocorrência que conduz à melhor qualidade de exibição;
- $t_{esp}$ : define o tempo esperado (atual) que, inicialmente, é igual ao tempo ótimo;

- $t_{max}$ : define o valor máximo para a ocorrência do evento;
- $custo$ : indica o custo de se afastar da qualidade ótima de exibição.

Voltando aos atributos dos elos, o *ponto de encontro* define condições nas extremidades de origem que, ao serem satisfeitas culminarão em ações aplicadas às extremidades de destino. Estas condições podem ser classificadas como sendo a seleção de uma âncora, ou a apresentação de uma região (conjunto de unidades de informação marcadas) de uma âncora; as ações conseqüentes podem ser do seguinte tipo: inicia, suspende, termina, prepara, etc. [Souza97] descreve o significado destas ações dentre outras. Existe ainda um tipo de ação que não se aplica a um evento de destino, a ação *aguarde*. Esta especifica um retardo de tempo executado nos elos, decorrente da relação temporal definida entre dois eventos. É necessário definir este retardo na seguinte tupla  $(t_{min}, t_{oti}, t_{esp}, t_{max}, custo)$ , pois todo componente (mídia ou estrutura) do documento que consome algum período de tempo está sujeito a ajustes pelo modelo. Os valores que constituem esta tupla já foram explicados no parágrafo anterior; e se aplicam tanto para eventos quanto para retardos. O modelo de otimização, aqui proposto, utiliza as tuplas de valores associadas a cada evento e retardo (especificado no ponto de encontro) existente para formular as restrições temporais que vão limitar os ajustes do documento.

Um outro elemento do NCM importante para a apresentação de um documento multimídia é o *descriptor*. Este especifica como e através de qual exibidor um nó deverá ser apresentado. Para cada nó, também denominado de nó *objeto de dados*, é associado um objeto descriptor. Esta associação vai originar um componente conhecido como *objeto de representação*, como visto em [Costa96]. É este o nível de objetos no qual esta dissertação realiza os ajustes de tempo no documento.

Mais discussões à respeito do Modelo de Contextos Aninhados podem ser encontradas nas referências [SoCa95] [SoSo95] [SoCaSo96] [Soares95].

A coerência de uma apresentação multimídia depende bastante da sincronização de seus objetos componentes. O Modelo de Contextos Aninhados provê elementos suficientes ao EBS para editar esta sincronização que é expressa na forma de relações temporais definidas entre os eventos de um documento, conforme descreve a próxima seção.

## 2.2 Editor e Browser de Sincronismo – EBS

O Editor e Browser de Sincronismo, EBS, provê uma interface gráfica para definir sincronismos temporal e espacial em documentos multimídia/hipermídia [Costa96] [CoSoSo96], permitindo ao autor definir os eventos relevantes do ponto de vista do sincronismo. Note que o EBS deve ser informado, inicialmente, à respeito da plataforma a ser utilizada incluindo aspectos relacionados a: configuração da máquina, descrição dos dispositivos disponíveis e outros.

O sistema EBS permite a realização da compilação incremental durante a edição de uma apresentação. Este processo ocorre da seguinte maneira: a especificação feita pelo usuário através da linguagem gráfica SGD (Show Graphical Description) sofre um processo de validação, e à medida que esta especificação é traduzida para objetos NCM são informadas inconsistências e erros eventuais aos autores dos documentos.

No decorrer da etapa de autoria de documentos multimídia, o autor interage com três visões, conforme mostra a Figura 2.1, são elas: a visão estrutural, a visão temporal e a visão espacial.

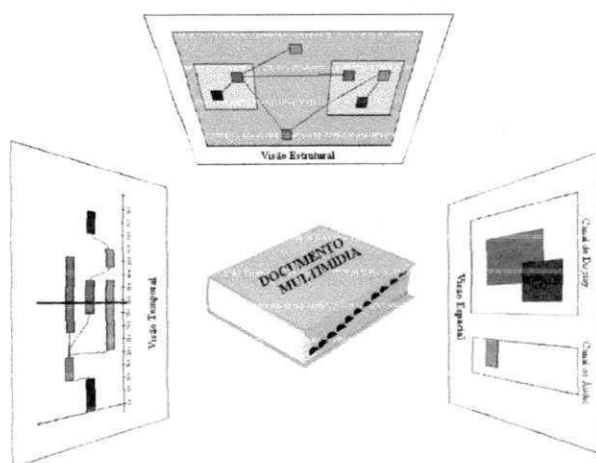


Figura 2.1: As Visões de um Documento Multimídia

A visão estrutural (*Structural View*) envolve a criação e manipulação da estrutura do documento, assim como seus relacionamentos e composições de informação. A visão temporal (*Time View*) trata da edição dos relacionamentos temporais entre os componentes da apresentação através da definição de suas posições relativas no tempo. Por fim, a visão

espacial (*Spatial View*) permite a definição de relações espaciais entre os componentes de um documento, definindo suas características espaciais nos dispositivos de saída. As próximas subseções apresentarão as características relevantes de cada visão.

O processo de autoria é ainda mais facilitado porque as três visões são interrelacionadas, isto ocorreu com a integração de duas ferramentas do HyperProp: o EBS (browser de sincronismo) e o browser de base privada (browser de estrutura). Estas duas ferramentas são complementares. Um objeto em foco na *Structural View* constitui o objeto base para a seqüência de sincronismo exibida na *Time View*. E a *Spatial View* mostra o comportamento espacial dos componentes nos dispositivos, para cada ponto selecionado no tempo. Ainda existe a vantagem do usuário poder transportar um objeto selecionado na *Structural View* para a *Time View*. A Figura 2.2 mostra esta interface do EBS constituída das três visões. Cada janela do editor corresponde a uma visão.

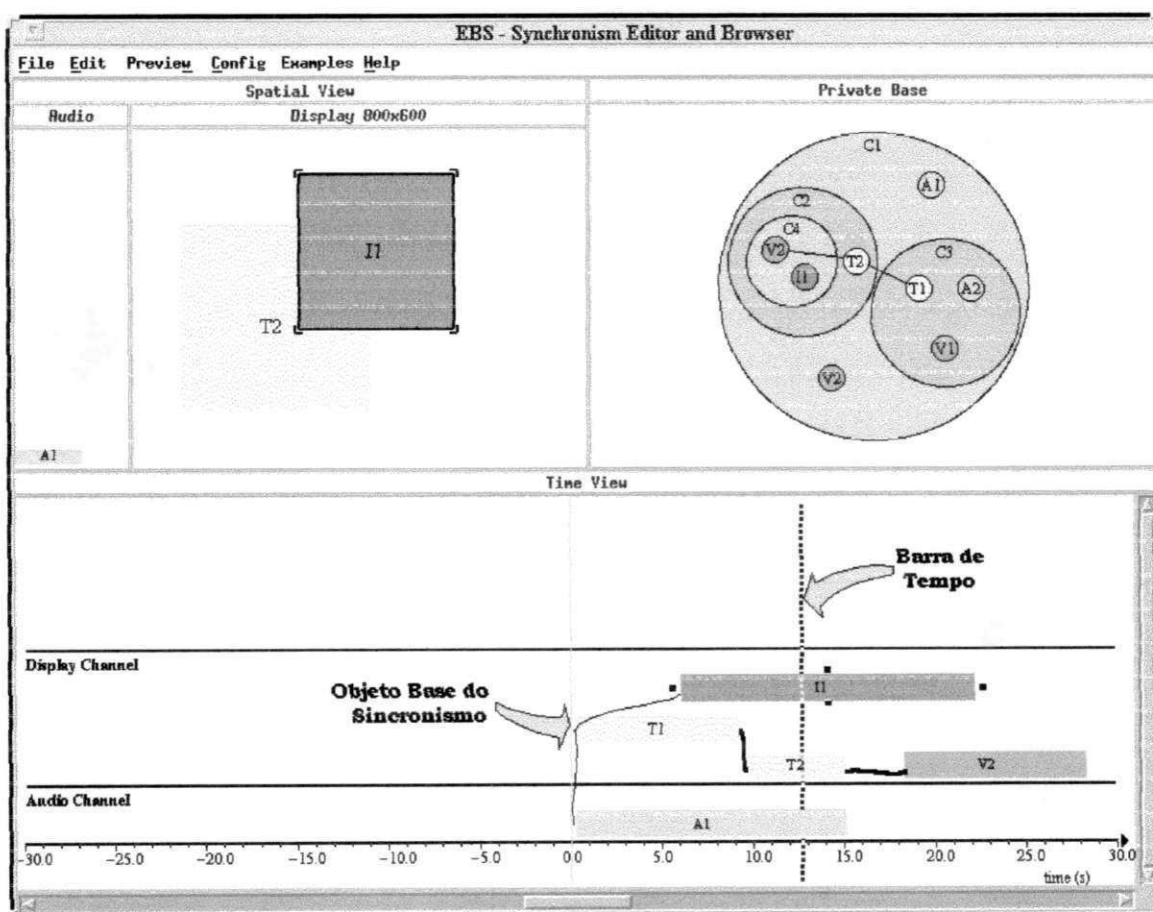


Figura 2.2: As diferentes Visões da Autoria de Documentos Multimídia

### 2.2.1 Structural View

Esta janela apresenta a visão estática dos relacionamentos entre os componentes de um documento. Os círculos representam os nós, as arestas representam os elos, e uma composição é constituída do agrupamento de nós.

Na *Structural View* (base privada do usuário) é permitida a edição e navegação na estrutura de documentos hipermídia. Como existe uma interação desta com a *Time View* é possível selecionar o nó que se deseja incluir na *Time View*.

Dentre as tarefas realizadas na *Structural View*, estão: a criação de novos nós, inclusão/exclusão dos componentes dos nós de composição, e criação e remoção de elos. Mais informação à respeito da visão estrutural pode ser encontrada em [CMSS96].

### 2.2.2 Spatial View

A *Spatial View* permite ao usuário editar o sincronismo espacial e realizar o posicionamento dos objetos dentro dos canais (de áudio ou de display) onde eles serão apresentados. O autor pode definir, por exemplo, o espaço do display necessário para exibir uma janela com uma imagem, ou o volume necessário para exibir um áudio no instante especificado na barra de tempo da *Time View*.

O funcionamento coordenado das janelas *Time View* e *Spatial View* permite a seguinte facilidade: a barra de tempo da janela *Time View* indica a disposição de momento na *Spatial View*, mostradas nas janelas de canal de áudio e canal de display. Isto permite que o usuário tenha uma melhor visão temporal e espacial dos objetos de seu documento num determinado momento.

Na *Spatial View*, o retângulo representa um objeto. Então para representar o espaço que determinado objeto ocupa, o usuário posiciona o retângulo correspondente na janela associada ao dispositivo. Se o dispositivo de saída em questão é um monitor de vídeo, o retângulo posicionado no canal de display indica a posição da janela onde o objeto será exibido no monitor. Os nós que necessitam de dispositivos de áudio utilizam o canal de áudio.

O comprimento do retângulo no canal de áudio indica o percentual do volume de exibição máxima do dispositivo.

As operações realizadas na *spatial view* são vistas com mais detalhes em [Costa96].

### 2.2.3 Time View

A *Time View* corresponde a janela de edição dos relacionamentos temporais entre os componentes de uma apresentação. É permitido ao autor especificar os eventos relevantes e definir as relações entre eles.

Como pôde ser visto na Figura 2.2, os retângulos representam os nós (estes nós correspondem aos objetos de representação). O comprimento destes retângulos indica a duração esperada para a exibição dos nós. As linhas que ligam um nó a outro representam os elos, cujas extremidades são eventos previsíveis (elos de sincronismo). O encadeamento destes eventos síncronos é denominado uma *cadeia temporal*, conforme é definido em [Rodrig97]. Note que os objetos são colocados num eixo temporal, mas o posicionamento temporal de um objeto é relativo a outro objeto.

A Figura 2.3 ilustra o layout da *Time View*. O eixo do tempo é dividido em tempo positivo e tempo negativo. Na região de limbo são posicionados os nós cujos inícios de exibição dos eventos são imprevisíveis. A barra de tempo móvel pode ser posicionada em qualquer instante do tempo. Os nós que estiverem sob a barra, aparecerão na janela *Spatial View*.

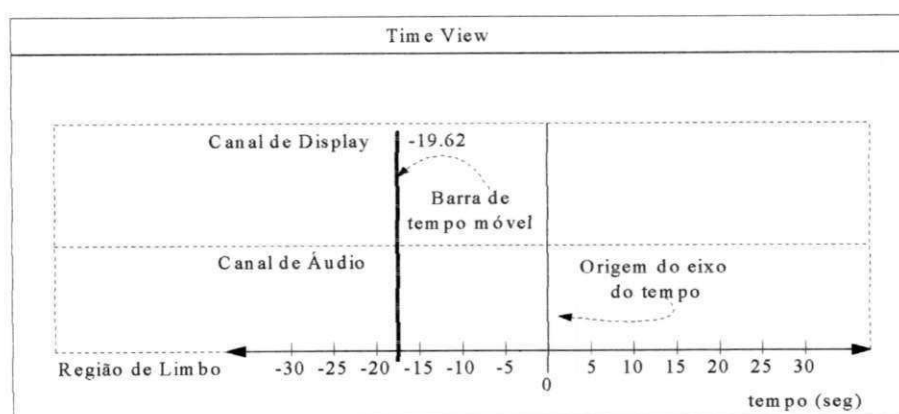


Figura 2.3:Esquema da Time View

Na *Time View* é possível realizar as seguintes operações: inclusão de objetos, criação de elos, criação de relações de alto nível e manutenção da consistência temporal.

Um nó selecionado na *Structural View* obtém na *Time View*, uma visão focada em um objeto, chamado de objeto base, posicionado na origem do eixo do tempo. Outros objetos também podem ser incluídos na *Time View* conforme as regras (recursivas) aplicadas, como definidas em [Costa96].

A criação de elos constitui uma facilidade da *Time View*. Os elos criados relacionam os nós posicionados na *Time View*. O posicionamento dos nós no tempo depende dos instantes especificados pelo elo.

O EBS também permite criar relações de alto nível entre os objetos através da utilização de um menu. Tais relacionamentos implicam na criação automática de elos de sincronismo entre os nós relacionados. Estas relações são as seguintes: *exibir ao término de*, *exibir iniciando ao mesmo tempo*, *exibir iniciando e terminando ao mesmo tempo*. Os atributos do elo em questão são definidos automaticamente.

Maiores informações à respeito da manutenção da consistência da apresentação, assim como das outras operações realizadas na *Time View* são encontradas em [Costa96].

### **2.3 Ajuste de Tempo de Exibição de Cadeias Temporais**

O EBS não disponibiliza funções para ajuste de blocos de componentes. Qualquer necessidade de alteração na duração global das cadeias temporais dos documentos implica em ajustes isolados de seus integrantes, o que exige tempo e esforço do autor. O presente trabalho propõe um modelo de otimização que visa suprir esta falta, atribuindo ao documento (ou cadeia temporal) uma estrutura flexível e sujeita a ajustes de tempo. Tal proposta, incorporada ao EBS, simplificaria bastante a manutenção de um documento multimídia.

Prover perturbações temporais em apresentações multimídia constitui o objetivo do modelo a ser apresentado no próximo capítulo. Estes ajustes são de aumento de tempo, também chamados de *stretching*, e de diminuição, denominados de *shrinking*. A obtenção de uma nova exigência de tempo para determinada cadeia temporal que constitui o alvo de



operações de ajuste, ocorre através de mudanças realizadas no tamanho do objeto ou na taxa de exibição do mesmo; descarte ou repetição de dados; execução de uma atividade alternativa; e alterações efetuadas sobre a estrutura (elos) do documento.

É importante mencionar que as perturbações realizadas no tempo do documento estão sujeitas às restrições de tempo definidas pelo autor através dos elos.

## Capítulo 3

# O Modelo de Otimização

Este capítulo define o modelo de otimização para perturbações temporais em documentos multimídia, principal contribuição desta dissertação. Inicialmente é apresentada a primeira fase de representação para o problema de ajuste da duração de apresentações de documentos multimídia através de uma rede PERT/CPM, cuja estrutura é obtida a partir da visão temporal do documento. Em seguida, é descrito o processo de migração da rede PERT/CPM para o modelo linear de otimização. A partir daí, inicia-se a fase de otimização, representada por meio de equações matemáticas, que definem as restrições e limites temporais impostos ao documento. Posteriormente, são discutidos detalhes referentes à formulação dos problemas de realizar ajustes de aumento e diminuição sobre a duração de documentos multimídia.

### **3.1 Modelo de Otimização *Fase 1*: Representação do problema via PERT\CPM**

A estrutura da apresentação de um documento multimídia assemelha-se a de uma rede de atividades usada para modelar problemas de escalonamento de tarefas. Pois ela é constituída por apresentações de mídias cuja seqüência é determinada por meio de relações temporais. A técnica utilizada neste trabalho para realizar a análise da rede de tarefas é o PERT (Program Evaluation Review Technique) [Boiteux79]. O PERT requer definições de atividades e de suas durações, além da especificação das relações existentes entre elas.

A rede PERT, apresentada nesta dissertação, utiliza o diagrama de flechas cujas *atividades* são representadas por setas (ou arcos) e a ligação entre elas é constituída por círculos, denominados *eventos*. Cada atividade possui, em sua parte superior, sua respectiva duração; e na parte inferior, um identificador. Existem algumas variáveis associadas ao grafo, como: o *tempo mais cedo*, localizado entre parênteses, no lado superior esquerdo do evento; e o *tempo mais tarde*, localizado entre parênteses, no lado superior direito do evento, veja a Figura 3.1. Somando-se o tempo mais cedo de cada evento à duração da atividade seguinte, obtém-se o tempo mais cedo de fim desta atividade; o cálculo deste tempo começa no evento inicial, seguindo em direção ao evento final do grafo. Em relação ao tempo mais tarde, este se refere ao último momento em que se pode iniciar uma atividade sem afetar o prazo de término do projeto. Este tempo é obtido subtraindo-se a duração da atividade do tempo mais tarde do evento seguinte; este último cálculo segue a direção inversa do primeiro, ou seja, inicia-se a partir do evento final. Consulte [Boiteux79] para obter mais detalhes com relação ao cálculo dos tempos.

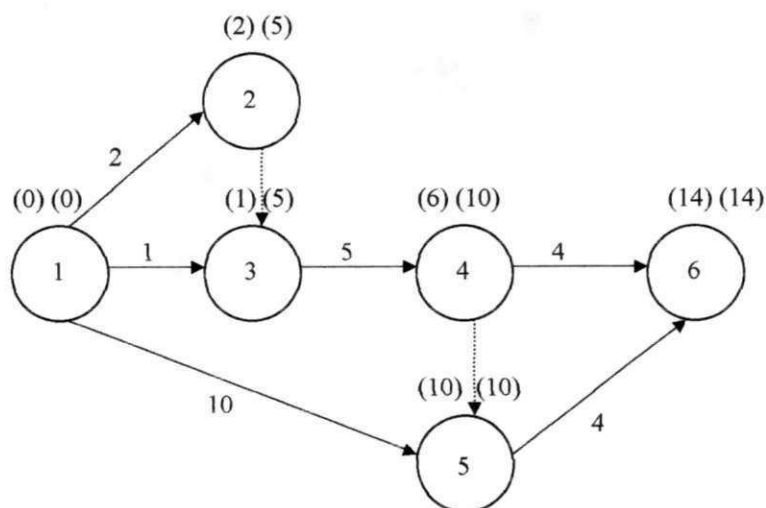


Figura 3.1: Rede PERT/CPM.

Quando os tempos mais cedo e mais tarde dos eventos coincidem, este evento é chamado de crítico. Um caminho de eventos críticos é denominado caminho crítico. Os caminhos críticos são elementos fundamentais para a identificação de alterações de natureza estrutural, bem como sua repercussão em toda a rede de atividades da apresentação multimídia. Os eventos não-críticos apresentam tempos mais cedo e mais tarde diferentes. Então diz-se que a atividade precedente a este evento possui folga, isto é, a atividade pode ser iniciada a qualquer momento entre o tempo mais cedo e o tempo mais tarde deste evento sem

atrasar o tempo final do projeto. A folga total de um evento constitui a diferença entre o tempo mais tarde do mesmo e o seu tempo mais cedo. Se a folga total de uma atividade for inteiramente consumida, a atividade seguinte pode tornar-se crítica, e a folga total de algumas atividades subsequentes será reduzida. Desta forma, um caminho não-crítico pode acabar tornando-se crítico. Existem ainda outros tipos de folga que podem ser vistos em [Hoare76].

A rede PERT pode ser criada a partir das relações temporais entre os eventos de um documento. Nela estes eventos são ligados por uma atividade, que representa a parte da rede que consome tempo. Podem existir atividades de duração nula. Estas são denominadas de “atividades fantasmas” e são representadas por uma linha tracejada. A característica acíclica destas redes é favorável aos documentos multimídia, pois os tempos dos objetos não são reversíveis. A tradução de uma apresentação multimídia em termos de uma rede PERT/CPM exige alguns cuidados, como será apresentado a seguir.

### **3.1.1 Migrando do Modelo de Documento para a representação via Rede PERT/CPM**

Uma das etapas da fase de autoria dos documentos é a especificação da sincronização temporal. Nesta fase, objetos multimídia (como vídeo, imagens, animação, áudio, etc.) são posicionados no tempo e sincronizados entre si conforme as relações temporais definidas pelo autor. Estes objetos, conforme ilustra a Figura 3.2 adiante, são representados por retângulos cujos comprimentos determinam seus tempos de duração. Os retângulos são também alinhados no tempo segundo suas posições relativas. Esta é a forma segundo a qual o EBS, Editor e Browser de Sincronismo do sistema HyperProp apresentado no Capítulo 2, define a visão temporal do documento. Nesta seção, será discutido como é possível migrar da representação temporal do EBS para a rede PERT/CPM. A fim de proporcionar um melhor entendimento deste processo, é válido fazer a correspondência entre os objetos componentes de ambas as estruturas.

A Figura 3.2 representa a cadeia temporal de um documento multimídia criado no EBS cujos eventos de apresentação se posicionam no início e final da exibição de cada segmento de mídia. Só para relembrar o conceito de cadeia temporal<sup>2</sup>, definido no Capítulo 2,

---

<sup>2</sup> A cadeia temporal referenciada nesta dissertação também é denominada de cadeia temporal principal, pois todos os seus eventos são previsíveis. Porém se o primeiro evento desta estrutura fosse imprevisível, esta seria chamada de cadeia temporal parcial.

consiste em uma seqüência de eventos cujos tempos de ocorrência são previsíveis. A estrutura temporal do documento traduzida para uma representação PERT/CPM correspondente adquire a forma de um grafo direcionado, conforme apresenta a Figura 3.3. Cada evento da rede PERT, daqui em diante chamado de *evento PERT*, representa um evento de apresentação do documento. Além destes, existem dois outros eventos PERT adicionais: um que representa o início da rede; outro que representa o final da mesma. Um arco (ou atividade) da rede pode expressar um intervalo de tempo existente entre dois eventos de apresentação quaisquer; ou um elo definido no documento multimídia. A rede, ilustrada na Figura 3.3, encontra-se devidamente definida: cada arco possui seu respectivo peso, que constitui o tempo ótimo extraído da tupla de valores que define duração ou retardo de componentes (nós ou elos) do documento; e os tempos mais cedo e mais tarde de cada evento do grafo também já foram calculados.

Como foi mencionado no Capítulo 2, as perturbações sofridas nos documentos multimídia serão também denominadas de "stretching", quando corresponderem ao aumento de tempo do objeto; e "shrinking", quando representarem diminuição de tempo, em conformidade com a referência [KiSo95]. Como estes ajustes estão submetidos a limites de tempo impostos, é necessário que o modelo do documento forneça as seguintes estimativas de tempo para cada arco da rede de atividades:

- tempo mínimo: constitui o menor tempo em que a atividade pode ser executada;
- tempo ótimo: corresponde ao tempo original; também considerado o melhor tempo para a atividade;
- tempo esperado: constitui o tempo atual da atividade, possivelmente, decorrente de uma operação de ajuste. Inicialmente, este tempo coincide com o tempo ótimo;
- tempo máximo: representa o maior tempo permitido para a atividade.

É importante esclarecer que estas estimativas são provenientes das tuplas de valores, apresentadas no Capítulo 2, associadas aos eventos (de apresentação) e elos componentes do documento. Estas tuplas são definidas segundo a seguinte estrutura:  $(t_{min}, t_{oti}, t_{esp}, t_{max}, custo)$ . Onde o intervalo de tempo do objeto mídia ou do retardo associado ao elo é limitado pelo valor mínimo  $t_{min}$  e o máximo  $t_{max}$ . O tempo ótimo é representado por  $t_{oti}$ ; o tempo esperado por  $t_{esp}$ . O *custo* define o quanto um componente do documento paga para ter seu tempo reduzido (shrinking) ou aumentado (stretching) em uma unidade de tempo.

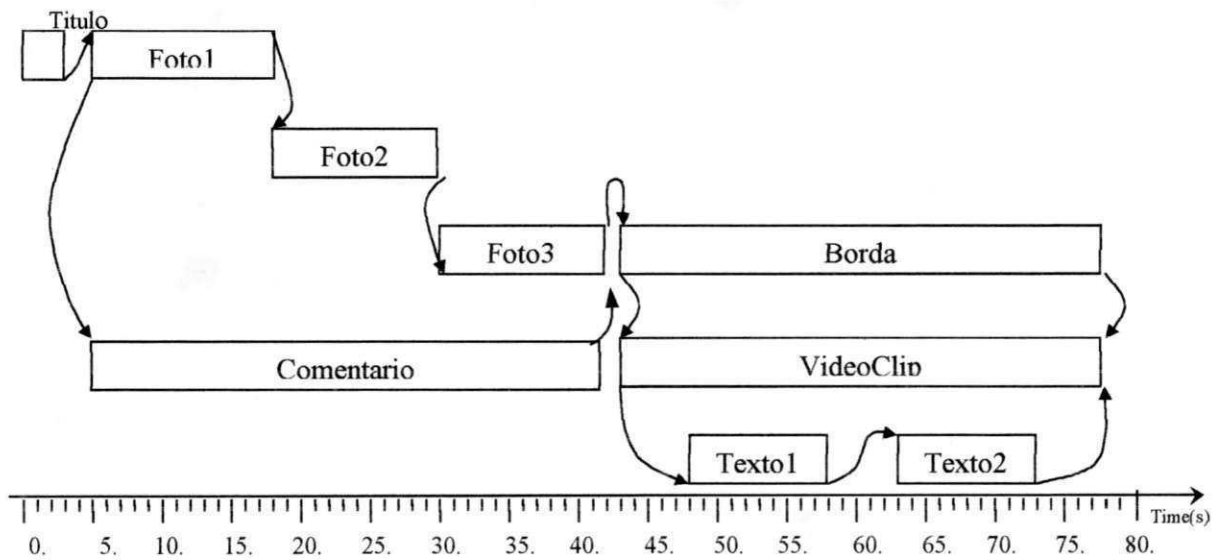


Figura 3.2: Visão Temporal do Documento

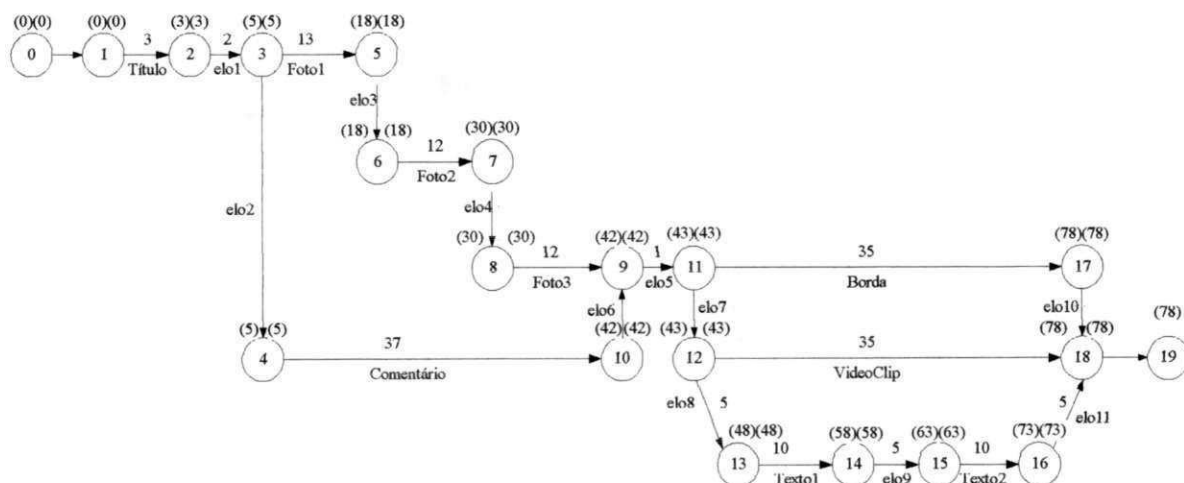


Figura 3.3: Rede PERT do Documento

A rede PERT é representada, no presente trabalho, por uma estrutura do tipo lista multiligada da seguinte maneira: os eventos PERT constituem uma lista ligada de nós de cabeçalho. Estes encontram-se no início de uma outra lista, chamada de lista de adjacência, constituída por nós que definem os arcos da rede PERT. O algoritmo (A1) responsável por obter a representação PERT/CPM a partir de um documento NCM, é apresentado a seguir:

**A1:**

```

// Cria os eventos inicial e final da Rede PERT/CPM
Inicializar_Eventos_Extremos_da_Rede_PERT( )

Para cada Cadeia_Temporal Faça //Ler todos os eventos da Cadeia Temp.
    Evento ← Primeiro_Evento
    Enquanto Existir Evento Faça
        Se Evento não está na lista
            Inserir_Evento_PERT(Evento) //Cria um nó de cabeçalho
        Fim_Se

        Se Existir Proximo_Evento E Evento.duração != 0
            Então
                Inserir_Evento_PERT(Proximo_Evento) //Cria um nó de cabeçalho

                //cria arco entre eventos de apresentação na lista de adjacência
                Inserir_arco(Evento, Proximo_Evento)
            Fim_Se

            Evento ← Proximo_Evento
        Fim_Enquanto

        Cadeia_Temporal ← Proxima_Cadeia
    Fim_Para

Elo ← Primeiro_Elo
Para cada Elo do Documento Faça
    //cria arcos correspondentes aos elos na lista de adjacência
    Inserir_arco(Elo.Evento_Origem, Elo.Evento_Destino)
    Elo ← Proximo_Elo
Fim_Para

// Calcula as variáveis da rede PERT
Calcular_Tempos_Mais_Cedo( )
Calcular_Tempos_Mais_Tarde( )

```

Definida a rede PERT, pode-se passar para a fase de otimização, que realizará uma análise da rede para resolver de forma linear o problema de *shrinking* ou *stretching* sobre o tempo global da rede.

### 3.2 Modelo de Otimização Fase 2: *Shrinking* ou *Stretching* via Programação Linear

A seção anterior esclarece o significado dos ajustes (*stretching/shrinking*) dentro do modelo em rede PERT/CPM para o problema da apresentação de um documento multimídia. Como é possível observar, a duração das mídias é um dado de entrada do modelo PERT/CPM. Quando uma operação de *stretching* ou *shrinking* for solicitada pelo usuário, é necessário adequar globalmente o tempo de apresentação. Este problema é, então, enunciado da seguinte forma: sendo um documento multimídia definido para uma apresentação cujo tempo total é de  $\alpha$  segundos, como proceder para processá-lo em  $\alpha - \Delta$  segundos ou em  $\alpha + \Delta$  segundos, sendo  $\Delta \geq 0$  ?

O presente trabalho utiliza uma técnica da pesquisa operacional, ou seja, a programação linear, para solucionar este problema. Como a programação linear encontra a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares, é necessário utilizar um modelo de programação linear [BaJaSh90]. Para isto, é preciso identificar e quantificar as variáveis de decisão, bem como sua função objetivo. As variáveis já são sugeridas pelo próprio PERT/CPM, uma vez que os pesos dos arcos correspondem as durações dos componentes do documento. A decisão poderá, então, concentrar-se apenas na duração destes. Nesse caso o passo mais difícil é definir um critério que permita quantificar o “valor” relativo das alterações que serão impostas as mídias dentro do processo de ajuste a uma nova exigência de duração. Para executar tal tarefa é considerada a seguinte hipótese: *“O documento multimídia objeto de uma operação de stretching/shrinking parte de uma configuração ideal.”*

Considerando que a configuração inicial do documento multimídia foi elaborada de modo a maximizar certa função associada a qualidade de apresentação, a hipótese elaborada sugere a configuração de uma função objetivo que penalize afastamentos das condições ideais de projeto, ou seja, das durações originais das mídias. O modelo linear proposto visa, então, encontrar o valor ótimo para esta função de custo em um contexto de vizinhança restrita.

A variável de decisão do problema será, portanto, a perturbação ou ajuste  $x_i$ , que representa o quanto cada atividade  $i$  da rede pode ter sua duração aumentada ou diminuída a partir do valor corrente. O objetivo do modelo será portanto, minimizar o custo do afastamento global em relação as condições ideais de projeto. O resultado será constituído por



um vetor de solução  $X$ , onde cada variável  $x_i$  representa a variação associada a sua respectiva atividade. O ajuste será caracterizado por um aumento  $x_i \geq 0$  nos tempos de duração das mídias, se o caso for uma operação de *stretching*, e uma diminuição nesses tempos, se a operação for de *shrinking*. Partindo de uma configuração ótima para uma apresentação, e dentro de condições de pequenos ajustes, não é difícil perceber que não há sentido em considerar a hipótese de diminuição na duração das mídias, na medida em que o problema colocado obriga o crescimento do tempo total utilizado, e vice versa para o caso dessa redução. Então quando o problema for de aumento de tempo, os ajustes serão sempre de *stretching*; quando o problema for de diminuição, as perturbações exercidas sobre o documento serão de *shrinking*.

Finalmente, os valores das penalidades atribuídas pela violação da duração das atividades deverão ser obtidos, diretamente do usuário que distribuirá os ajustes sobre o tipo de mídia mais apropriada, segundo o julgamento dele; ou através de estudos estatísticos que infiram o comportamento da função “qualidade de apresentação” para pequenas alterações de projeto. Assim podemos formular o problema de otimizar a distribuição de uma perturbação temporal em um documento multimídia em duas situações específicas a saber: *shrinking* e *stretching*. Veja a definição de ambos a seguir:

### 1. Problema de Shrinking em Documentos Multimídia (PSH)

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^n c_i x_i$$

Sujeito a:

$$x_i \leq t_i - l_i \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$y_1 + \sum_{i \in S_a} y_i + y_2 = y_3 + \sum_{j \in S_b} y_j + y_4 \quad (2)$$

$$\sum_{i \in S_a} y_i \leq \text{tempo desejado} \quad (3)$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n$$

- $c_i$   $\equiv$  a penalidade de reduzir o tempo ótimo (ou atual) da atividade  $i$ , em uma unidade;
- $x_i$   $\equiv$  a redução sofrida na duração da mídia  $i$ ;
- $t_i$   $\equiv$  a duração ótima da atividade  $i$ ;
- $l_i$   $\equiv$  limite mínimo de tempo para a duração da atividade  $i$ ;
- $y_i$   $\equiv$   $t_i - x_i$ , ou seja, a duração final da atividade  $i$ ;

- *tempo desejado*  $\equiv$  a nova imposição de tempo para a apresentação!

## 2. Problema de Stretching em Documentos Multimídia (PST):

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^n c_i x_i$$

Sujeito a:

$$x_i \leq l_i - t_i \quad i = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$y_1 + \sum_{i \in S_u} y_i + y_2 = y_3 + \sum_{j \in S_v} y_j + y_4 \quad (5)$$

$$\sum_{i \in S_u} y_i + y_1 \geq \text{tempo desejado} \quad (6)$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n$$

- $c_i \equiv$  a penalidade de aumentar o tempo ótimo (ou atual) da atividade  $i$ , em uma unidade;
- $x_i \equiv$  o aumento sofrido na duração da mídia  $i$ ;
- $t_i \equiv$  o tempo ótimo da atividade  $i$ ;
- $l_i \equiv$  limite máximo de tempo para a duração da atividade  $i$ ;
- $y_i \equiv t_i + x_i$ , ou seja, a duração final da atividade  $i$ ;
- *tempo desejado*  $\equiv$  nova exigência de tempo para apresentação.

Como foi mencionado, anteriormente, o objetivo do problema se encontra em realizar perturbações sujeitas a um conjunto de restrições. A variável de decisão deste problema é  $x_i$ . Esta expressa o valor da variação atribuído a cada atividade  $i$ . Quando a operação for de *shrinking*,  $x_i$  quantificará o quanto  $t_i$  deverá ser diminuído; quando o problema for de *stretching*,  $x_i$  indicará o quanto  $t_i$  deverá ser aumentado.

Para cada atividade do grafo que consome algum período de tempo, é atribuída uma restrição de limite que resulta nas inequações expressas, nos primeiros conjuntos de restrições: (1), referente ao problema de *Stretching* e (4), referente ao problema de *Shrinking*.

Os problemas de PSH e PST têm um segundo conjunto de restrições em comum, representados pelas equações (2) e (5), que definem as ligações lógicas entre cada caminho paralelo existente. Estas restrições são necessárias sempre que, na rede PERT/CPM, existir um caminho  $S_{ab}$  qualquer, que liga o vértice  $a$  ao vértice  $b$ , onde:

- $y_1 \equiv$  a duração da atividade que é definida entre os vértices  $a$  e  $k$  do caminho  $S_{ab}$  que passa pelo vértice  $k$ ;
- $y_2 \equiv$  a duração da atividade que é definida entre os vértices  $l$  e  $b$ ;
- $y_3 \equiv$  a duração da atividade entre os vértices  $a$  e  $r$  do caminho  $S_{ab}$  que passa pelo vértice  $r$ ;
- $y_4 \equiv$  a duração da atividade entre os vértices  $p$  e  $b$ .

No grafo, ilustrado na Figura 3.3, há a necessidade de definir algumas restrições de precedência, como requerem as atividades entre os vértices 3 e 9, sendo representada pela seguinte restrição:  $Y_{\text{Foto1}} + Y_{\text{Foto2}} + Y_{\text{Foto3}} = Y_{\text{Comentário}}$ .

As restrições de tempo da rede PERT representam os últimos conjuntos de restrições incluídos nas formulações de cada problema, que são associadas a cada caminho do grafo. No problema de PSH, esta restrição encontra-se representada em (3). No problema de PST, a restrição de tempo é definida conforme a inequação exibida em (6). Nesta última, é inserida uma variável de folga,  $y_f$ , no final da restrição.

Para explicar a necessidade da inserção de uma variável de folga nas restrições de tempo do problema de PST, é importante considerar que as operações de *shrinking* e de *stretching* causam efeitos distintos na estrutura de uma rede de atividades. Isto pode ser observado no documento representado na rede PERT ilustrada na figura 3.4. Imagine que este documento tenha sofrido uma operação de *shrinking* (resultando na rede expressa na figura 3.5). É possível observar que, quando é realizada uma operação de *shrinking*, existe a possibilidade de caminhos não-críticos tornarem-se críticos, conforme aconteceu com o caminho que segue do evento 0 ao evento 16. Inicialmente (figura 3.4) ele era não-crítico, posteriormente tornou-se crítico (figura 3.5) devido ao processo de diminuição sofrido pela rede. Observe que o caminho crítico é o de menor folga e que tem a maior duração; também pode existir mais de um caminho crítico. Na Figura 3.5, por exemplo, todos os caminhos são críticos.

Com relação a operação de *stretching*, caminhos não-críticos não tornam-se críticos com o aumento do tempo da apresentação, pois suas respectivas folgas não serão consumidas. Assim, é desnecessário realizar ajustes nos caminhos não-críticos, pois para retardar a duração do projeto basta ajustar os tempos das atividades do(s) caminho(s) crítico(s). Para isto, no problema de *PST*, foi inserida no final de cada restrição de tempo uma variável de folga. Esta medida visa evitar alterações nos caminhos não críticos, pois tais variáveis terão limite infinito para absorver o tempo necessário que lhes falta; e como elas não estão associadas a atividade alguma, a variação de tempo atribuída a elas não afetará a duração das atividades. Esta abordagem ocasionará um ajuste desproporcional sobre o documento porque o caminho crítico irá variar (crescer), enquanto os demais permanecerão constantes. Esta situação pode ser observada na figura 3.6. Enquanto os caminhos críticos localizados, respectivamente, entre os eventos 0-17, 0-17-18 e 0-12-18 cresceram até atingir o tempo determinado pelo autor, o caminho situado entre os eventos 0-16 permaneceu inalterado.

A opção pela estratégia de ajuste utilizada neste trabalho é justificada pelo objetivo pretendido, ou seja, impedir modificações desnecessárias sobre o restante do documento. Para reforçar este objetivo, as variáveis de folga inseridas nestes últimos caminhos têm custo zero. Porém, é necessário comprovar se a abordagem utilizada aqui é a mais adequada, pois ela não permite um ajuste de aumento *proporcional*<sup>3</sup> no documento. Propõe-se para trabalhos futuros avaliar a qualidade de apresentações geradas por duas diferentes estratégias de ajustes: a proporcional; e a não proporcional.

Uma vez formulado o modelo de programação linear, foi utilizado um código de domínio público, o LP Solve [Berker95], para obter a solução dos problemas utilizados para os testes descritos no próximo capítulo. O LP Solve baseia-se no algoritmo simplex e foi desenvolvido em linguagem C, sendo capaz de resolver problemas com centenas de milhares de variáveis e restrições. Consulte a seguinte referência [Berker95] para obter maiores detalhes.

---

<sup>3</sup> Na estratégia de ajuste proporcional, o percentual de aumento deve ser aplicado a todos os caminhos.

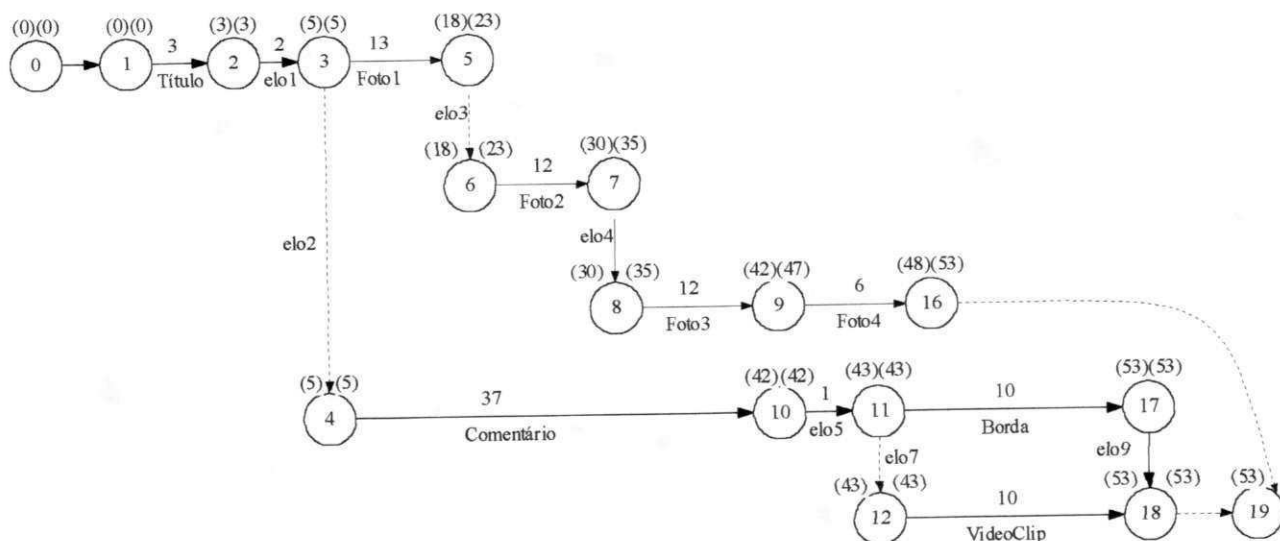


Figura 3.4: Rede PERT-Exemplo

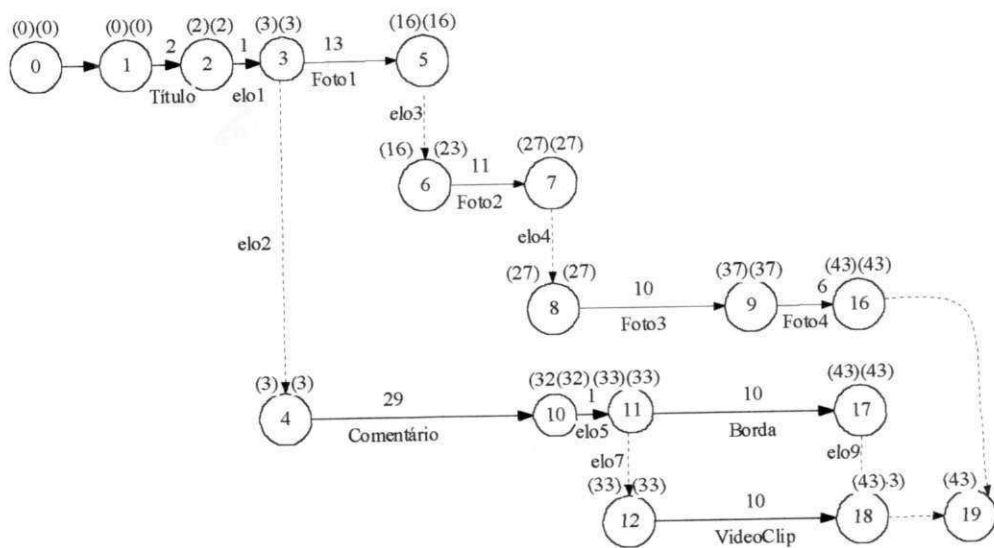


Figura 3.5: Rede PERT-Exemplo Acelerada

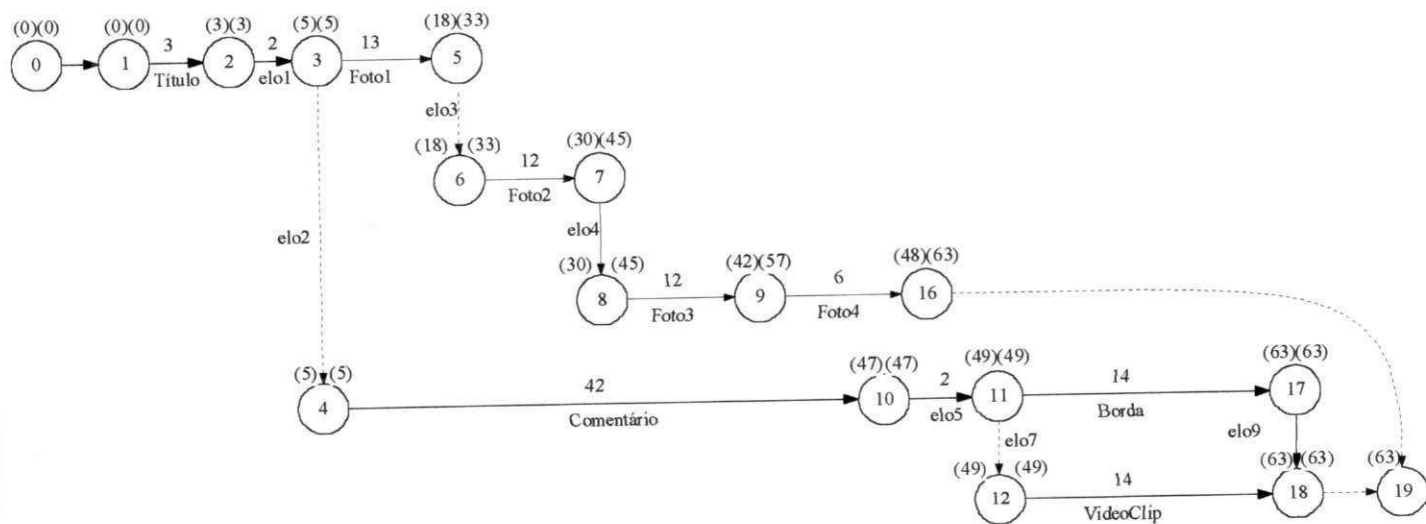


Figura 3.6: Rede PERT-Exemplo Desacelerada

## Capítulo 4

# Avaliação do Modelo de Otimização

Este capítulo apresenta um estudo que avalia, através de uma pesquisa estatística, a perda de qualidade sofrida por apresentações que tiveram suas durações redefinidas pelo *modelo de otimização*, proposto na presente dissertação. O modelo utilizou restrições de tempo diversificadas sobre uma única apresentação multimídia, criada no editor comercial Director 6.5, visando gerar soluções distintas. Cada solução produzida originou uma apresentação multimídia correspondente, que foi assistida e avaliada por diversas pessoas com o auxílio de um questionário. Todo este processo é descrito na primeira seção deste capítulo.

A experiência introduzida acima foi realizada com o objetivo de conhecer melhor aspectos relacionados ao comportamento do modelo de otimização. As conclusões provenientes deste trabalho foram obtidas através de uma análise realizada sobre as percepções e opiniões dos entrevistados com relação a falta de sincronismo, provocada pelo modelo de otimização nas apresentações ajustadas. No final deste capítulo, são apresentados os resultados desta análise.

### 4.1 Avaliando Qualidade

Em uma apresentação multimídia, a falta de sincronismo entre os objetos do documento pode causar certa desarmonia na apresentação, o que pode levar a uma insatisfação do espectador. Porém a perda de sincronismo nem sempre é facilmente percebida, sendo dependente da percepção inerente a cada pessoa. É perfeitamente possível realizar

pequenos ajustes em uma apresentação sem que este efeito seja percebido. Para avaliar a perda de qualidade sofrida numa apresentação com relação às perturbações realizadas pelo modelo de otimização foi realizada uma pesquisa estatística com amostragem por conveniência. A pesquisa baseou-se em uma experiência onde os entrevistados avaliaram apresentações que tiveram seus tempos ajustados pelo modelo proposto neste trabalho. As avaliações foram realizadas com base no questionário apresentado na Figura 4.1.

Entrevistado: \_\_\_\_\_

Escolaridade: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Curso/Profissão: \_\_\_\_\_

sexo:  Masculino  Feminino

Responda o questionário abaixo, marcando X na alternativa desejada

<p>◆ Você notou alguma irregularidade nesta última apresentação?</p> <p><input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p><i>Se a resposta acima for sim, responda as questões abaixo</i></p>
--

<p>Como você avaliaria a qualidade desta apresentação?</p> <p><input type="checkbox"/> Boa</p> <p><input type="checkbox"/> Aceitável</p> <p><input type="checkbox"/> Ruim</p> <p>◆ Esta apresentação transmite a mesma mensagem da apresentação original?</p> <p><input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>◆ Tente definir melhor o que diferencia esta apresentação da original.</p> <p><input type="checkbox"/> Duração incorreta na apresentação das mídias (texto, áudio, vídeo, fotos, etc).</p> <p><input type="checkbox"/> Posicionamento incorreto das mídias na apresentação.</p> <p><input type="checkbox"/> Outras: _____</p>
---

Figura 4.1: Questionário de Avaliação das Apresentações.

A apresentação utilizada foi um documento multimídia de 99 (noventa e nove) segundos de duração, que versa sobre a vida e carreira solo de Renato Russo. A visão temporal do documento, ilustrada na Figura 4.2, inclui: textos, áudios, imagens e um vídeo. A representação PERT/CPM correspondente é apresentada na Figura 4.3.

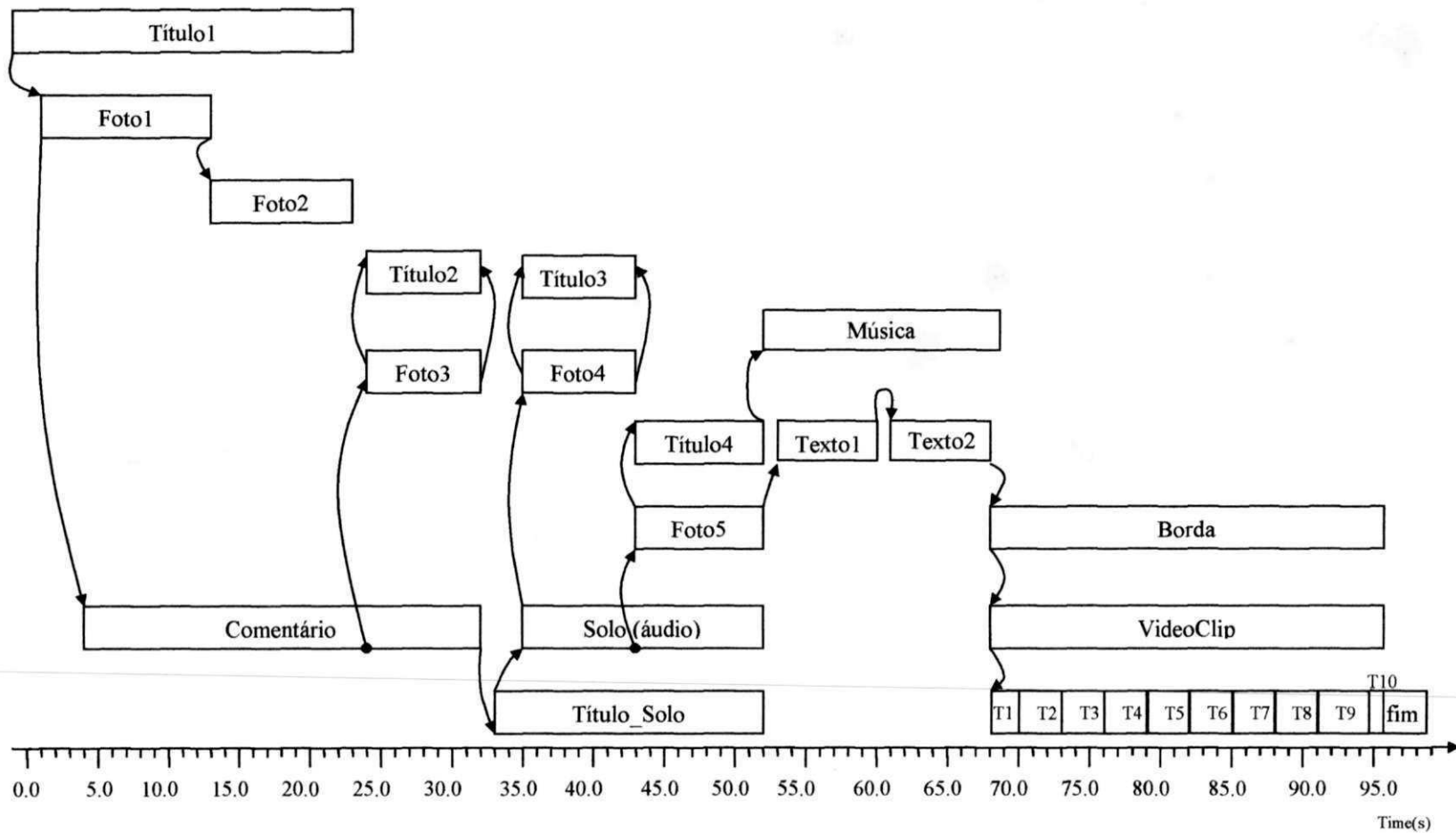


Figura 4.2: Visão Temporal do Documento Original



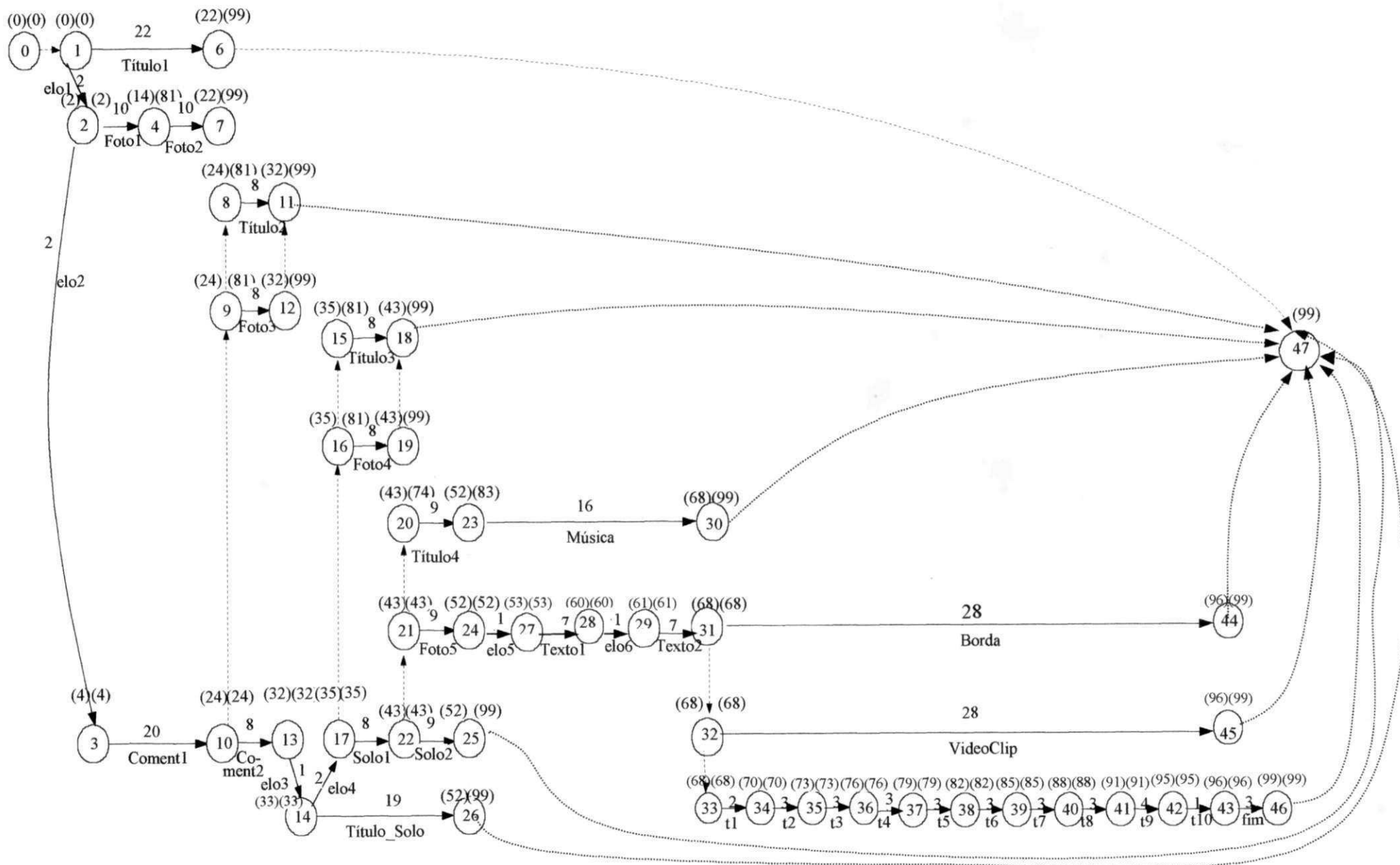


Figura 4.3: Representação PERT/CPM do Documento Original

Esta experiência abrangeu, em sua maioria, estudantes universitários de graduação e pós-graduação de diversos cursos, em grande parte da área de informática. O trabalho prosseguiu da seguinte forma: as pessoas assistiam, primeiramente, a apresentação original. Em seguida eram mostradas as demais apresentações geradas pelo modelo, denominadas conforme a perturbação realizada nelas:

- **Contínua\_mais**: aumento de tempo realizado sobre mídias contínuas;
- **Estática\_mais**: aumento de tempo realizado sobre mídias estáticas;
- **Elos\_mais**: aumento de tempo do retardo definido nos elos;
- **Contínua\_menos**: diminuição de tempo direcionado para mídias contínuas;
- **Estática\_menos**: diminuição de tempo direcionado para mídias estáticas;
- **Elos\_menos**: diminuição de tempo realizado sobre os retardos definidos nos elos.

Após a apresentação de cada documento multimídia, o entrevistado respondia o questionário correspondente. Primeiramente, eram mostradas as apresentações que tiveram suas durações "esticadas" (*stretching*) seguidas das que tiveram seus tempos "encolhidos" (*shrinking*), ou vice-versa.

A apresentação original contém mídias estáticas (imagens e textos) e contínuas (áudio e vídeo) e elos que definem as relações de sincronismo entre os componentes do documento. Com base na apresentação original, o *modelo de otimização* concentrou esforços (custos baixos) para realizar perturbações sobre um só tipo de mídia (estática ou contínua) por vez, ou apenas sobre os elos (estrutura da apresentação). Este tipo de abordagem permitiu também identificar em que tipo de mídia os ajustes mais incomodam e menos incomodam o espectador. Como explicitado anteriormente, foram gerados seis novos documentos multimídia: três destes documentos tiveram seu tempo total *esticado* perturbando, respectivamente, as mídias contínuas, mídias estáticas e elos; os outros três foram gerados de forma semelhante, com a diferença de que tiveram suas durações *encolhidas*.

Podem ser utilizados vários artifícios para modificar a duração atual de um objeto de mídia. Operações de *shrinking*, realizadas sobre mídias contínuas (como áudio ou vídeo), são implementadas através de cortes de silêncio no áudio, cortes de quadros no vídeo, aceleração da taxa de exibição do áudio e do vídeo. Para as operações de *stretching* são realizadas ações inversas, como: inserir silêncio no áudio, congelar quadros no vídeo, desacelerar a taxa de

exibição de ambos. Nas mídias estáticas (como texto, imagens gráficas) e nos elos, tais operações são mais simples, constituindo-se apenas na redução ou aumento do tempo de exibição destas.

É sabido que o modelo exige que cada ajuste tenha um limite máximo quando o problema for de aumento, ou um limite mínimo quando o problema for de diminuição. Assim, para formulação dos PPLs (Problemas de Programação Linear) que geraram estes 6 (seis) novos documentos foram atribuídos os seguintes limites: mídias contínuas tiveram seus tempos aumentados em, no máximo, 18% e diminuídos em, no mínimo, 26%; às estáticas foi permitido aumento de até 60% e uma diminuição de até 40%; finalmente, aos elos foi permitido maior flexibilidade de ajuste, ou seja, 100% constituiu tanto o limite para aumento quanto para diminuição de suas durações. É claro que, a duração original de cada mídia, seja ela qual for, representa 100% de seu tempo. Estes são valores *ad hoc* que adotamos para um estudo inicial. Um trabalho futuro será realizar novos experimentos para encontrarmos os limites tolerados.

Objetivando avaliar melhor os limites do modelo foram realizadas três pesquisas, onde cerca de 20 pessoas foram entrevistadas em cada uma delas. Estas pesquisas não foram executadas simultaneamente, isto é, a segunda pesquisa só foi aplicada depois de terminada a primeira e assim por diante. Apenas o percentual de ajuste utilizado sobre o tempo do documento original é que divergia de uma pesquisa para outra:

- Primeiramente, a apresentação original sofreu ajustes, onde o tempo variou em quase 10%. Esta pesquisa foi denominada de *Alterar 10%* para qual foram geradas seis apresentações: três delas tiveram suas durações aumentadas de 99 (noventa e nove) para 108 (cento e oito) segundos; e as três demais tiveram suas durações diminuídas de 99 (noventa e nove) para 90 (noventa) segundos;
- Em seguida, foi realizada a segunda pesquisa, referenciada de *Alterar 5%*, onde o percentual de ajuste utilizado foi de 5%. Também foram geradas seis outras apresentações: três de 104 (cento e quatro) segundos; e as outras três de 94 (noventa e quatro) segundos;
- Por fim, o percentual de variação foi de 15%, o que ocasionou três apresentações de 114 (cento e quatorze) segundos; e mais três, de 84 (oitenta e quatro) segundos. Esta última pesquisa obteve a denominação de *Alterar 15%*.

Vale salientar que na pesquisa *Alterar\_15%*, as perturbações sofridas não ficaram concentradas em apenas um tipo de mídia, como nas demais. Como o percentual de ajuste desta foi maior, o modelo buscou realizar ajustes entre outros tipos de mídia. Isto só ocorreu porque um só tipo de mídia não supriu limite de tempo suficiente para atingir a solução de tempo exigida pelo problema em questão.

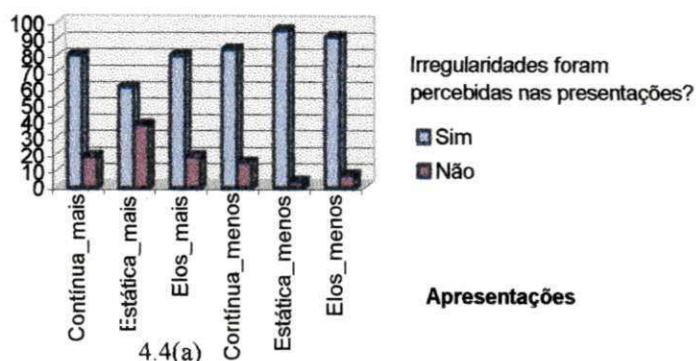
Através da Figura 4.4, é possível obter-se o nível de percepção dos espectadores nas três pesquisas. Observe que, os ajustes realizados na pesquisa *Alterar\_10%* foram facilmente percebidos pelos entrevistados, conforme apresenta a Figura 4.4(a). Com relação a pesquisa *Alterar\_5%*, foi constatado que os ajustes foram novamente bem percebidos pelos entrevistados. Ocorrendo, porém, um aumento no nível de pessoas que não perceberam os ajustes realizados em algumas das apresentações, veja a Figura 4.4(b). Referindo-se a pesquisa *Alterar\_15%* cujo gráfico é exibido na Figura 4.4(c), as perturbações realizadas pelo modelo foram perceptíveis, atingindo 100% no nível de percepção positivo.

A Figura 4.5 ilustra os resultados referentes a avaliação da qualidade das apresentações mostradas nas pesquisas realizadas. No gráfico exibido na Figura 4.5(a), referente a pesquisa *Alterar\_10%*, predominou o nível de qualidade *aceitável*, seguido do nível *bom*. Este último obteve uma média de índice boa. Apenas na apresentação *Estática2*, é que a qualidade de classificação *ruim* superou as demais opiniões. No que diz respeito a avaliação da qualidade das apresentações exibidas na pesquisa *Alterar\_5%*, ilustrada na Figura 4.5(b), ocorreu um aumento na classificação *aceitável* de qualidade decorrente da diminuição nos índices da classificação *ruim*.

Na última pesquisa, conforme mostra a Figura 4.5(c), houve uma perda significativa na qualidade das apresentações. Isto era de se esperar, pois estas sofreram perturbações maiores, o que provocou mais insatisfação aos entrevistados. Os resultados obtidos também mostram que o problema de aumento de tempo obteve, nesta pesquisa, os melhores níveis de aceitação; o que leva a crer que, para grandes ajustes, a falta de sincronismo no problema de *stretching* incomoda menos que no problema de *shrinking*. No primeiro caso, ocorreram transições demoradas de uma mídia para outra; áudio com tela em branco; e até áudio desacelerado. No segundo caso, o ritmo mais acelerado da apresentação parece impedir o espectador de entendê-la melhor. E o que causou mais desconforto foi a ocorrência de sobreposições de imagens presentes nas três últimas apresentações da pesquisa *Alterar\_15%*.

### Nível de Percepção dos Entrevistados na Pesquisa Altera\_10%

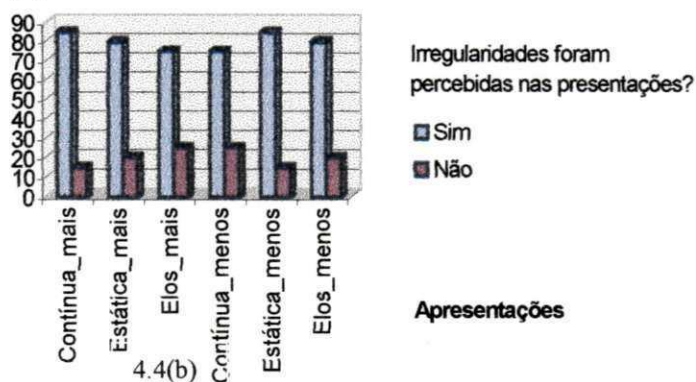
[%]



4.4(a)

### Nível de Percepção dos Entrevistados na Pesquisa Altera\_5%

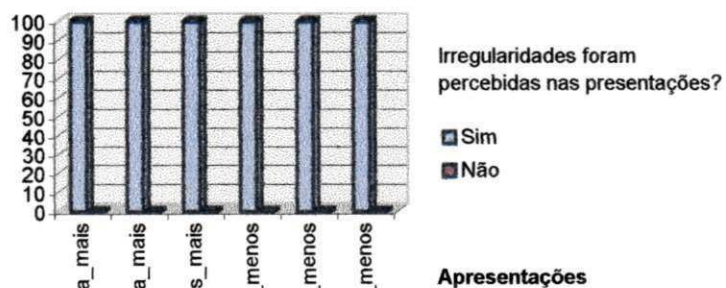
[%]



4.4(b)

### Nível de Percepção dos Entrevistados na Pesquisa Ajuste\_15%

[%]

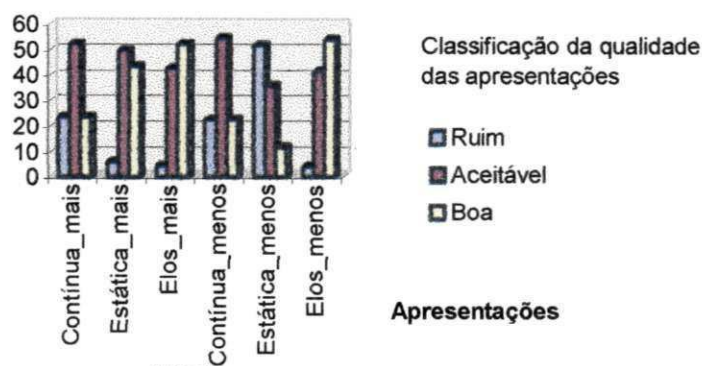


4.4(c)

Figura 4.4: Nível de Percepção das Apresentações

### Nível de Qualidade das Apresentações da Pesquisa Altera\_10%

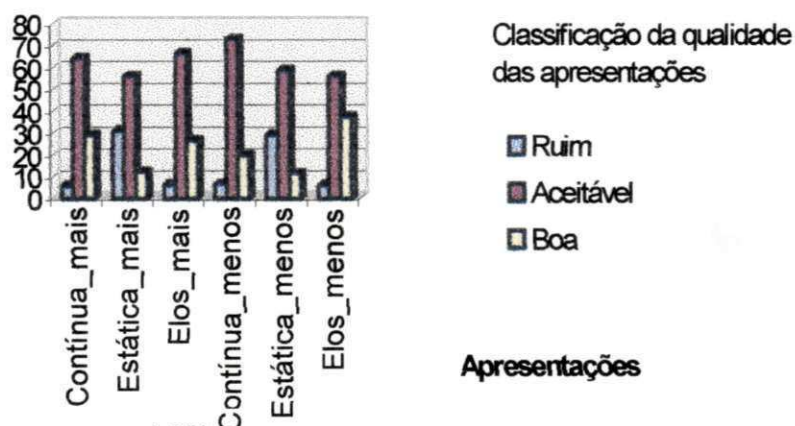
[%]



4.5(a)

### Nível de Qualidade das Apresentações da Pesquisa Altera\_5%

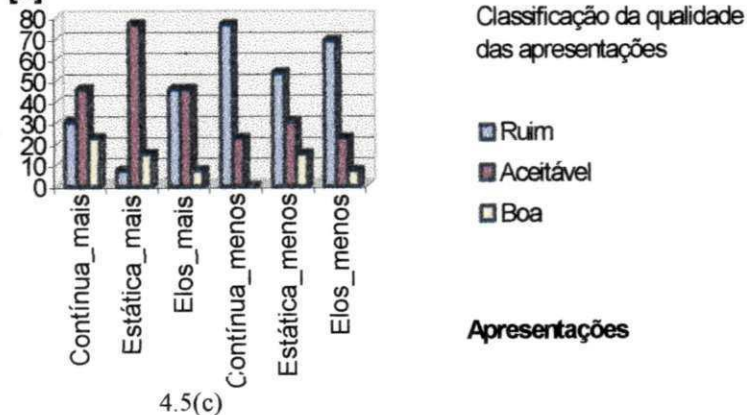
[%]



4.5(b)

### Nível de Qualidade das Apresentações da Pesquisa Altera\_15%

[%]



4.5(c)

Figura 4.5: Nível de Qualidade das Apresentações

Até agora os fatos analisados foram provenientes de uma observação realizada sobre os gráficos acima, sem uma comprovação estatística. A fim de prover mais confiabilidade na obtenção de resultados, foi empregada uma técnica de avaliação estatística conhecida como Análise de Dados Categorizados [Agresti96]. Devido a complexidade de cálculos exigida por este processo, a análise foi desenvolvida no SAS (software estatístico) [SAS89] com o uso do procedimento *logistic*.

Aplicando-se a metodologia descrita acima, no âmbito mais geral, foi possível comprovar que existem significativas diferenças com relação a percepção dos entrevistados, ou seja, na pesquisa *Alterar\_10%*, o número de pessoas que não perceberam irregularidade alguma nas apresentações foi seis vezes maior que na pesquisa *Alterar\_15%*. Este valor aumentou para oito com relação a diferença entre a pesquisa *Alterar\_5%* e *Alterar\_15%*. Isto evidencia que os usuários tiveram mais dificuldade de perceber alguma irregularidade nas apresentações que utilizaram o menor percentual de ajuste.

Com relação a qualidade das apresentações, as pesquisas *Alterar\_10%* e *Alterar\_5%* obtiveram resultados mais favoráveis que a pesquisa *Alterar\_15%*. Em termos mais precisos, é possível afirmar que a primeira e segunda pesquisas são, respectivamente, quase cinco (4,9) e quatro (4,0) vezes propensas a melhores resultados que a última pesquisa. Diante dos resultados expostos, é possível concluir que o modelo gera soluções com menor perda de qualidade quando o percentual de ajuste encontra-se aproximadamente sobre 10% do tempo global da duração do documento multimídia. A pesquisa *Alterar\_10%* obteve o melhor nível de qualidade; com relação a *Alterar\_5%*, este nível baixou um pouco. Porém, nesta última, o índice de qualidade *ruim* também baixou em relação a primeira. Também foi possível observar que as apresentações que tiveram um percentual de 15% não agradaram os espectadores, pois prevaleceu a classificação de qualidade *ruim*. Isto mostra que o modelo não gera boas soluções para este percentual de ajuste.

De forma genérica, através de uma análise realizada sobre as três pesquisas, foi comprovado, segundo a opinião dos entrevistados, que não houve diferença significativa entre os ajustes realizados nas mídias estáticas e contínuas. Porém os resultados mostraram que os ajustes realizados nos elos obtiveram um melhor nível de qualidade, apresentando, aproximadamente, resultados 2,35 vezes mais favoráveis que os demais.

Como já mencionado, em cada pesquisa foram executadas, sobre determinado tipo de mídia ou sobre a estrutura do documento, operações de aumento e diminuição de tempo. Nas apresentações cujos ajustes concentraram-se nos elos e nas mídias contínuas, estas operações obtiveram o mesmo nível de qualidade. Porém com relação as mídias estáticas, a operação de aumento foi 3,26 vezes melhor, em termos de qualidade, do que a operação de diminuição de tempo.

#### 4.2 Analisando os Resultados

A pesquisa estatística descrita anteriormente contribuiu na interpretação dos resultados discutidos nesta seção. A fim de realizar ajustes distintos em uma mesma apresentação multimídia, foram utilizadas diferentes abordagens para formulação dos problemas de PST (Problema de Stretching) e PSH (Problema de Shrinking), como: associar custos baixos a determinados tipos de mídia, onde se desejar direcionar o alvo das modificações; alternar tais custos entre os demais tipos de mídias que tiveram custos altos associados anteriormente; concentrar ajustes na estrutura (elos) e variar o percentual de ajuste do documento para mais e para menos.

No decorrer dos testes, o modelo foi utilizado de maneira a permitir a perturbação concentrada apenas em um tipo de mídia ou nos elos. Foi observado que esta abordagem esbarrou em dificuldades encontradas em duas situações a saber:

- primeiro, quando a estrutura do documento é constituída por diversas relações de dependência entre mídias distintas, ou entre mídias e elos, os ajustes acabam se concentrando em ambos os componentes envolvidos na relação de simultaneidade, independente do seu tipo e do custo associado. Isto se deve ao fato do modelo respeitar as restrições de dependência de tempo existentes no documento original;
- segundo, quando os componentes de um mesmo tipo não oferecem limite de tempo suficiente para atingir o ajuste solicitado. Neste caso, as perturbações acabam atingindo outros tipos de objetos multimídia ou a estrutura do documento para prover o tempo final desejado pelo autor. Isto aconteceu na pesquisa *Altera\_15%*. Como seu percentual de ajuste foi alto, o modelo buscou realizar ajustes entre componentes distintos.

Nesta pesquisa, também foi possível concluir que o modelo não gerou boas soluções para o percentual de ajuste de 15%, que caracterizou a terceira pesquisa realizada. Os níveis



de qualidade mais favoráveis foram obtidos na primeira pesquisa, cujo percentual encontra-se em torno de 10%. O ganho com relação a segunda pesquisa, que teve um percentual de 5% não foi significativo. Isto indica que o modelo comporta-se bem, no que diz respeito a perda de qualidade percebida pelos usuários com perturbações de até 10%.

## Capítulo 5

### Trabalhos Relacionados

Este capítulo apresenta outros ambientes de autoria de documentos multimídia, objetivando dar ênfase a como tais sistemas mantêm um plano de apresentação flexível, de tal forma que possibilite um documento ter uma duração não determinística. Em seguida é realizada uma comparação do modelo de otimização aqui proposto, com os sistemas de autoria apresentados neste capítulo, considerando os algoritmos utilizados por cada um para resolver o problema; assim como aspectos relacionados a representação e formulação do mesmo.

#### 5.1 Firefly

O Firefly consiste num ambiente para criação, edição e apresentação de documentos hipermídia [BuZe92] [BuZe93]. Seu ambiente de autoria permite que o autor especifique as restrições temporais entre os eventos dos segmentos de mídia. Tais restrições são classificadas em dois tipos: equações temporais, que identificam simultaneidade entres dois eventos; e inequações temporais, que definem os limites mínimo ou máximo de tempo em que um evento precede outro.

No Firefly, a duração entre um par de eventos adjacentes equivale a duração ótima. Esta duração pode sofrer alterações, dentro de um intervalo de tempo limitado por um valor mínimo e máximo, controladas por custos de *stretching* (esticar) e *shrinking* (encolher) que

são associados aos componentes de mídia. Então, para cada par de eventos, existe uma duração mínima, ótima e máxima, um custo para *stretching* e outro para *shrinking*. O *Scheduler* é o componente responsável pela criação do layout temporal do documento multimídia; ele também lida com os valores a serem alterados (encolhidos ou esticados) em cada mídia.

O Firefly resolve a atribuição de tempos a eventos com o auxílio do *Scheduler*. Ele combina as restrições de duração fornecidas pelos itens de mídia (ou objetos multimídia) com as restrições de sincronização temporal definidas pelo autor [Buze92]. Tal processo utiliza a técnica de programação linear, com o objetivo de minimizar o custo total de aumentar ou reduzir as durações das mídias. A variação de tempo resultante constitui a solução do problema, se ela satisfizer as restrições do problema, caso contrário o Scheduler identifica o erro. Este sistema admite apenas uma solução para determinado conjunto de restrições.

## 5.2 Modelo de Tempo Elástico

O modelo elástico proposto em [KiSo95] provê flexibilidade através do aumento ou redução (*stretching* ou *shrinking*) das durações dos objetos, respeitando os limites das restrições, evitando os valores extremos e procurando se afastar o mínimo possível da solução ótima inicial.

Em [KiSo95], os eventos são definidos por intervalos de tempo que possuem durações mínima, ótima e máxima. É associado a cada objeto multimídia  $m$  uma tripla de valores  $(\alpha_m, \lambda_m, \omega_m)$  que definem, respectivamente, o tempo mínimo, o tempo ótimo e o tempo máximo de sua exibição. Também é associado ao documento uma tripla de valores globais, semelhantes a definida acima.

O problema possui dois objetivos: primeiro, deseja-se obter a tripla de valores  $(\alpha_m, \lambda_m, \omega_m)$  para uma apresentação  $S$ ; segundo, deseja-se obter uma nova instância da apresentação para um determinado tempo  $T$ , tal que  $\alpha_s \leq T \leq \omega_s$ , de forma que as restrições do problema sejam respeitadas.

As restrições de diferença são representadas pela seguinte inequação:  $X_1 - X_2 \leq b$ , que constitui um tipo de restrição linear, possuindo somente duas variáveis: uma variável tem coeficiente 1 e a outra coeficiente  $-1$ .

A cada objeto  $O$ , é associado um conjunto de restrições temporais  $T_o$ , representadas pelas seguintes variáveis:

- $ST(O) \equiv$  início da apresentação do objeto  $O$ ;
- $ET(O) \equiv$  fim da apresentação do objeto  $O$ ;
- $ST_i(O) \equiv$  início da apresentação do  $i$ -ésimo componente do objeto  $O$ ;
- $ET_i(O) \equiv$  fim da apresentação do  $i$ -ésimo componente do objeto  $O$ .

Suponha que existem dois objetos,  $O1$  e  $O2$ , que devem ser apresentados simultaneamente, conforme mostra a Figura 5.1. Utilizando-se as variáveis indicadas acima, é possível construir um conjunto de restrições de diferença que expressam esta relação, veja:

- $ST(O1) - ST(O2) \leq 0$
- $ST(O2) - ST(O1) \leq 0$
- $ET(O1) - ET(O2) \leq 0$
- $ET(O2) - ET(O1) \leq 0$

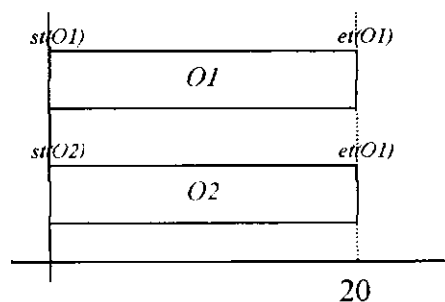


Figura 5.1: Visão Temporal da Relação de Igualdade.

Através destas restrições, é possível especificar as treze relações de Allen [Allen83], além de relações quantitativas mais complexas que estas primeiras.

As restrições de diferença são perfeitamente traduzidas para a estrutura de um grafo. Uma variável da restrição define um evento do grafo, então é possível definir um intervalo de valores entre dois eventos adjacentes através da seguinte inequação, por exemplo,  $X_1 - X_2 \leq b$ . A cada conjunto de restrições temporal, espacial e de QoS é associado um grafo

direcionado. Para cada variável da restrição, existe um vértice  $v_i$ ; o grafo possui também dois vértices especiais  $v_s$  e  $v_e$  que representam, respectivamente, o início do documento e o final do documento. Para cada arco adjacente,  $v_i - v_j$ , e seu peso correspondente,  $\delta t$ , existe uma restrição  $T_j - T_i \leq \delta t$ . E, finalmente, para cada nó  $v_i$ , existe um arco de  $v_i$  para  $v_s$  e outro de  $v_e$  para  $v_i$ , ambos com peso zero.

Conforme é descrito em [CaPrSu96a] [CaPrSu96b], resolver as restrições de diferença é o mesmo que encontrar o caminho mais curto de seu grafo correspondente,  $G=(V,E)$ . Isto também implica em obter um plano de apresentação (*schedule*) que satisfaz as restrições de tempo e constitui a solução do problema.

Em [CaPrSu96a] [CaPrSu96b] um documento constituído por um conjunto de objetos de mídia é considerado consistente quando suas restrições temporal, espacial e de QoS são respeitadas; e quando ciclos não são detectados. Caso exista um conjunto de restrições inconsistentes, estas serão trabalhadas de forma que sua consistência seja alcançada.

#### 5.4 Comparação Entre os Modelos

Todos os trabalhos mencionados nesta seção representam as relações de tempo de um documento multimídia através de grafos. Porém nem todos expressam de forma completa a visão temporal do documento, assim como o faz a rede PERT/CPM, utilizada pelo modelo proposto nesta dissertação. Após devidamente calculada, a rede PERT/CPM permite a identificação das atividades em que deve ser dada mais atenção durante a apresentação. Além disso, é possível observar os caminhos do grafo que possuem folga, assim como o tempo de início de cada evento componente.

Com relação a representação linear do problema, o projeto CHIMP propõe um pequena classe de restrições de grande poder de expressão, chamadas de *restrições de diferença*, que tratam não só dos requisitos de tempo, mas de espaço e de QoS também.

O modelo de otimização proposto nesta dissertação, assim como o do Firefly e do ambiente Isis de autoria, resolvem a atribuição do tempo através da programação linear. Todos utilizam o simplex que, no pior caso, possui crescimento exponencial. Porém existem algoritmos para programas de programação linear que possuem um crescimento polinomial,

como os algoritmos de Khachian e Karmarkar, conforme pode ser visto em [BaJaSh90]. Já o CHIMP aplica o algoritmo de caminho mais curto sobre o grafo do documento para obter a solução do problema. Este constitui um eficiente algoritmo de grafo, pois tem a vantagem de ser de tempo polinomial.

O problema com a proposta do projeto CHIMP é que ele baseia-se em um esquema de especificação de sincronismo *baseado em intervalos* [LiGh92], que é menos flexível que o *baseado em eventos*, adotado no NCM e neste trabalho, mapeado em uma rede PERT/CPM. Para obter mais detalhes à respeito dos paradigmas de especificação de sincronismo temporal, consulte a referência [Souza97].

## Capítulo 6

### Conclusões e Perspectivas Futuras

A pesquisa operacional desenvolveu técnicas científicas para responder várias perguntas do cotidiano, como: “Qual o caminho mais curto para seguir de Natal ao Rio de Janeiro?”, ou “Qual a forma mais barata de se chegar até lá?” Traduzindo tais questionamentos para um modelo constituído por interconexões (as vias) entre os objetos (as cidades), e analisando-se as informações obtidas a partir deste modelo, resolve-se a questão do problema. Neste mesmo contexto, o tipo de situação na qual é dada atenção, neste trabalho, diz respeito ao *escalonamento de atividades*, onde se determina quando cada atividade deve ser executada.

No decorrer desta dissertação, foi comprovado que um documento multimídia flexível se encaixa perfeitamente no problema de escalonamento. Pois o documento possui um certo número de eventos cuja seqüência é expressa por meio de relações temporais e variáveis que podem ser perfeitamente traduzidas para a rede PERT. Esta revelou ser um modelo eficiente para desempenhar o papel de representar um documento multimídia já editado e com sua estrutura final, devidamente, definida.

Mesmo em um documento concluído, existe a necessidade de realizar ajustes, principalmente, no tempo total de sua duração. Esta possibilidade ocorre, seja por motivos econômicos, que implica na não disponibilidade de recursos no ambiente onde o documento será apresentado; ou devido as novas exigências de tempo impostas pelo autor que, por algum

motivo, se sente forçado a diminuir ou aumentar o tempo da apresentação atual que, no momento, se encontra inadequada.

Neste ensejo, torna-se necessário um modelo de otimização que permita a análise quantitativa do processo de ajuste e reposicionamento dos objetos multimídia numa apresentação. Esta necessidade é perfeitamente traduzida em um modelo de programação linear, que visa realizar pequenos ajustes de duração, desviando-se o mínimo possível da situação inicial do documento.

O modelo de otimização, proposto na presente dissertação, utilizou-se de duas fases para tratar o problema de ajuste. Primeiramente foi representada a situação atual do documento através da rede PERT/CPM; em seguida, foi definido um modelo de programação linear sugerido pela própria natureza do problema em questão; e consistente com a otimização em vizinhança restrita e o uso de penalidades lineares. Cada fase definida para o modelo de otimização mostrou-se coerente no tratamento e definição dos problemas de ajuste, aqui definidos, proporcionando uma boa contribuição de modelagem para ambos.

A fim de identificar os limites de ajustes de *stretching/shrinking* para os quais o modelo de otimização gera boas soluções, foi realizado um estudo que identificou como ideal o percentual de ajuste em torno de 10% do tempo total da apresentação. Isto reforça a idéia de que o modelo de otimização constitui um meio ideal para permitir pequenos ajustes no momento em que o documento encontra-se concluído, requerendo apenas replanejamento de tempo. Esta pesquisa também indicou que dentre as perturbações realizadas sobre um documento, a que obteve os melhores índices de qualidade refere-se aos ajustes realizados sobre a estrutura (elos) do mesmo. Esta pesquisa forneceu resultados importantes no que diz respeito a tolerância das pessoas em relação as perturbações temporais, assim como a capacidade de elasticidade inerente a uma apresentação multimídia.

O *modelo de otimização*, objeto de estudo desta dissertação, inserido em um ambiente de autoria permite atribuir a este último variabilidade de duração de apresentação que, segundo [SoRo97] constitui, dentre outras, uma facilidade desejável para sistemas de apresentação de documentos multimídia/hipermídia.



## 6.1 Perspectivas Futuras

O *modelo de otimização* desenvolvido é capaz de representar documentos multimídia (através de sua fase PERT) e providenciar pequenos ajustes de duração, (através de sua fase do modelo de programação linear). Porém o modelo não funciona prontamente na situação em que:

- As alterações de tempo para as operações de stretching/shrinking são muito grandes, o que ocasiona a necessidade de modificações de natureza estrutural;
- A estrutura do documento (e, conseqüentemente, a do PERT) não estiver logicamente definida. Porque o documento não foi completamente elaborado; ou existem ainda várias decisões a serem tomadas.

Nesses casos, o modelo de otimização anteriormente desenvolvido não pode ser utilizado, quer seja por violar sua hipótese inicial, quer seja pela falta da adequada representação da estrutura do problema (a rede PERT/CPM). Um trabalho futuro sugerido é adaptar o modelo de otimização para que ele possa abranger as etapas de projeto e desenvolvimento de documentos multimídia. Tal problema pode implicar na inclusão de variáveis lógicas para modelar o acréscimo de um ou mais objetos multimídia, necessários para preencher o espaço de tempo do qual o documento necessita. Na fase de elaboração do documento a função objetivo muda de contexto (função de maximização), visando *maximizar* a qualidade de apresentação do documento; e a função de minimização de custos deixa de ser uma função objetivo para tornar-se uma restrição do problema, definindo o limite do orçamento disponível para otimizar os tempos de apresentação das atividades.

Conforme foi mencionado no Capítulo 3, o presente modelo realiza um ajuste de aumento desproporcional em um documento multimídia. Diante da possibilidade desta abordagem não ser a ideal, seria conveniente adequar o problema de PST (*stretching*) para que este permita uma ajuste proporcional. Desta forma, propõe-se para trabalhos futuros avaliar a qualidade de apresentações geradas por ambas as estratégias de ajustes: a proporcional; e a não proporcional, proposta pelo presente trabalho.

Uma outra sugestão para trabalhos futuros, seria implementar este modelo em um ambiente de autoria de documentos multimídia que ainda carece de tal facilidade, ou no próprio EBS.

O presente trabalho realizou uma pesquisa *quantitativa* a fim de avaliar a perda de qualidade proveniente das perturbações realizadas sobre o documento multimídia. Seria importante também realizar uma pesquisa do mesmo gênero, com tipos diferentes de documentos e envolvendo um maior número de entrevistados. Também fica como sugestão uma segunda pesquisa, que abrangesse um número de pessoas correspondente a amostra de uma população de profissionais das áreas de propaganda, design e publicidade, para avaliar as soluções dadas pelo modelo. Estas pesquisas, certamente servirão de base para aperfeiçoar mais ainda o modelo de otimização.

## Referências Bibliográficas

- [Agresti96] AGRESTI, A. , *An Introduction to Categorical Data Analysis*, New York: John Wiley & Sons , 1996.
- [Allen83] ALLEN, J. F., *Maintaining Knowledge About Temporal Intervals*, Communications of the ACM, vol. 26, No 11, November, 1983, pp. 832-843.
- [BaJaSh90] BAZARAA, M.S., Jarvis, J. J., Sherali, H. D., *Linear Programming And Network Flows*, Ed. Wiley, 1990.
- [Berker95] BERKERLAAR, M., *LP Solve*, Software Library for Operations Research, University of Karlsruhe, 1995. URL: [http://www.wior.uni-karlsruhe.de/Bibliothek/Title\\_Page1.html](http://www.wior.uni-karlsruhe.de/Bibliothek/Title_Page1.html)
- [Boiteux79] BOITEUX, C. D., *Administração de Projetos PERT/CMP/ROY*, Ed. Interciência, 1979.
- [BuZe92] BUCHANAN, M. C., Zellweger, P. T., *Specifying Temporal Behavior in Hypermedia Documents*, Proceedings of European Conference on Hypertext, ECHT'92. Milano, December, 1992.
- [BuZe93] BUCHANAN, M. C., Zellweger, P. T., *Automatic Temporal Layout Mechanisms*, Proceedings of ACM Multimedia'93, Anaheim, California, USA, August, 1993, pp. 341-350.
- [CaPrSu96a] CANDAN, K. S., Prabhakaran, B. e Subrahmanian, V. S., *Collaborative Multimedia Documents: Authoring and Presentation*, Technical Report: CS-TR-3596, UMIACS-TR-96-9, Department of Computer Science, University of Maryland, College Park, January, 1996.
- [CaPrSu96b] CANDAN, K. S., Prabhakaran, B. e Subrahmanian, V. S., *CHIMP: A Framework for Supporting Distributed Multimedia Document Authoring and Presentation*, ACM Multimedia 96, Boston, MA, USA, 1996, pp. 329-340.

- [CMSS96] COSTA, F.R.; Muchaluat, D.C.; Soares, L.F.G.; Souza, G.L. *Editor Gráfico para Estrutura e Sincronismo de Documentos Multimídia*, Anais do IX SIBGRAPI, Caxambu, Outubro, 1996, pp. 289-296.
- [CoSoSo96] COSTA, F.R.; Soares, L.F.G.; Souza, G.L. *Editor e Browser Gráfico para Sincronização Temporal e Espacial de Objetos Multimídia/Hipermídia*, Relatório Técnico, Departamento de Informática, PUC-Rio, Rio de Janeiro, Março, 1996.
- [Costa96] COSTA, F. R., *Um Editor Gráfico para Definição e Exibição do Sincronismo de Documentos Multimídia/Hipermídia*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática da PUC-Rio, Rio de Janeiro, Agosto, 1996.
- [Hoare76] HOARE, H. R., *Administração de Projetos Aplicando Análise de Redes (PERT/CPM)*, Ed. McGraw-Hill do Brasil Ltda., 1976.
- [KiSo95] KIM, M. Y. e Song, J., *Multimedia Documents with Elastic Time*, Proceedings of ACM Multimedia'95, San Francisco, California, USA, November, 1995, pp. 143-154.
- [LiGh92] LITTLE, T.D.C., Ghafoor, A. *Interval-Based Conceptual Models for Time-Dependent Multimedia Data*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 5, No. 4, August, 1993, pp. 551-563.
- [MHEG95] Multimedia and Hypermedia Information Coding Expert Group – MHEG, *Information Technology – Coded Representation of Multimedia and Hypermedia Information Objects – Part1: Base Notation*, ISO/IEC DIS 13522-1, September, 1995.
- [Rodrig97] RODRIGUES, R.F. *Formatação Temporal e Espacial no Sistema HyperProp*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática da PUC-Rio, Rio de Janeiro, Maio, 1997.
- [SAS89] SAS INSTITUTE INC, *SAS/STAT User's Guide*, Version 6, Fourth Edition, Vol. 1, Cary, NC: SAS Institute Inc, 1989, pp. 943.
- [Soares95] SOARES, L.F.G., *HyperProp – Uma Visão Geral*, I Workshop em Sistemas Multimídia Distribuídos, São Carlos, São Paulo, julho, 1995.
- [SoCa95] SOARES, L.F.G.; Casanova, M. A., *Nested Composite Nodes and Version Control in an Open Hypermedia System*, IEEE Transaction on Information Systems, vol. 20, No. 6. Elsevier Science Ltd, Grã Bretanha, 1995, pp. 501-519.
- [SoCaSo96] SOARES, L.F.G.; Casanova, M.A., Souza, G.L. *Anchor and Links for Nested Composite Nodes*, Proceedings of the Multimedia Modeling Conference – MMM'96, Toulouse, France, November, 1996.

- [SoRo97] SOARES, L.F.G.; Rodrigues, R.F. *Autoria e Formatação Estruturada de Documentos Hiperímia com Restrições Temporais*, III Workshop em Sistemas Multimímia e Hiperímia, São Carlos, Maio, 1997, pp. 183-197.
- [SoSo95] SOUZA FILHO, G.L.; Soares, L.F.G. "O Modelo de Apresentação de Documentos do HyperProp", III Workshop sobre Sistemas Multimímia e Hiperímia, São Carlos, São Paulo, Julho, 1995.
- [SoSo96] SOUZA FILHO, G.L., Soares, L.F.G., *Edição e Execução de Apresentações de Documentos Hiperímia no HyperProp*, II Workshop em Sistemas Hiperímia e Multimímia, Fortaleza, CE, Maio, 1996.
- [SoSoCa95] SOUZA FILHO, G.L., Soares, L.F.G., Casanova, M.A. *Synchronization Aspects of a Presentation Model for Hypermedia Documents with Composite Nodes*, Relatório Técnico, Departamento de Informática, PUC-Rio, Outubro, 1995.
- [Souza97] SOUZA FILHO, G. L., *Sincronismo na Modelagem e Execução de Apresentações de Documentos Multimímia*, Tese de Doutorado, Departamento de Informática da PUC-Rio, Rio de Janeiro, Setembro, 1997.
- [StNa95] STEINMETZ, R.; Nahrstedt, K.;. *Multimedia: Computing, Communications and Applications*, Prentice Hall, Inc. 1995.