

## ANIMAÇÃO POR COMPUTADOR DE OBJECTOS SINTETIZADOS OU ADQUIRIDOS

Pedro Faria Lopes \*, José M. Salles Dias \*\*

\* INESC, Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores  
R. Alves Redol, 9, 1000 Lisboa, PORTUGAL

\*, \*\* ISCTE, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa  
Av. das Forças Armadas, Lisboa, PORTUGAL

### Sumário

Neste artigo é descrita uma metodologia de animação de objectos tridimensionais. Estes podem ser sintetizados recorrendo a um editor gráfico 3D ou adquiridos através de um sistema de aquisição e processamento de imagem. Neste caso os objectos são representados por contornos 2D e posteriormente sujeitos a transformações 3D. A animação é produzida recorrendo a um Editor de Animação 3D, ANIMED - ANIMation EDitor, orientado para o utilizador.

### 1. Introdução

A Animação, processo pelo qual se sintetiza movimento, compreende múltiplas e variadas técnicas, desde a pixilação e roscopia, passando pela animação com acetatos (os conhecidos desenhos animados), marionetas, areia, pó, recortes, plasticina e outras [Lopes 87]. Estas são consideradas as técnicas de animação tradicional em oposição à técnica não tradicional, Animação por Computador.

A questão da Animação por Computador é um tema que tem sido tratado por vários autores [Magnenat-Thalmann et al 85]. Inicialmente tratava-se da composição de figuras geométricas 2D em movimento. O passo seguinte consistiu na automatização das técnicas de animação tradicional utilizadas na produção de desenhos animados 2D nas suas diferentes etapas: criação interactiva de desenhos ou digitalização, pintura, composição das imagens, criação dos cenários, composição da banda sonora, teste da animação, geração de imagens intermédias a partir de imagens chave usando interpolação, montagem e sincronização [Catmul 78].

Dado que as imagens são a projecção em 2D dos objectos 3D concebidos pelo animador, a interpolação a 2D torna-se difícil devido à falta de informação inerente a essa representação. Esta aproximação denomina-se Animação Assistida por Computador ("Computer Aided Animation") em oposição à Animação Modelada por Computador ("Computer Modeled Animation"), que consiste em utilizar o computador como parte integrante do processo de animação, representação e manipulação de estruturas genéricas num espaço tridimensional [Magnenat-Thalmann et al 85].

As áreas de aplicação da Animação por Computador incluem Televisão (títulos, logotipos, publicidade, desenhos animados), Cinema (títulos, genéricos, efeitos especiais, filmes), Governo (publicidade), Educação e Pesquisa (filmes didácticos, simulação), e Indústria (marketing, relações públicas).

A integração da componente movimento na interacção com o utilizador nas áreas de

CAD, CAM e CAE e o crescente interesse em Animação por Computador e Simulação levou a que fossem dados os primeiros passos nestes domínios em Portugal. Neste sentido foi desenvolvido no INESC um Editor de Animação 3D, ANIMED, que interaccua com um sistema de aquisição e processamento de imagem e/ou um Editor Gráfico 3D. A ligação ao sistema de aquisição e processamento de imagem permite a animação integrada de objectos sintetizados com objectos cuja origem se situa no mundo real.

## 2. Metodologia

A síntese de movimento, animação, opera sobre entidades. Estas, no ambiente descrito neste artigo, são constituídas por objectos 3D.

Os objectos 3D a animar podem ser sintetizados no Editor Gráfico 3D SOLON [Martins et al 86] que possui uma interface por menus. As manipulações possíveis neste editor constam de mudança de escala, rotação, translação, duplicação e perspectiva. Os objectos podem ser descritos em modelo de arame ou por malha de polígonos sendo, neste caso, possível a visualização com remoção de linhas e superfícies ocultas [Pereira et al 87].

É possível ainda tirar partido dum sistema de aquisição e processamento de imagem para o qual foi desenvolvido um pacote de programas para extracção e codificação de contornos de formas 2D.

As representações dos contornos das formas 2D digitalizadas podem ser animadas por ANIMED, tal como foram extraídas da imagem original. Podem ainda ser manipuladas no Editor Gráfico 3D servindo como base para síntese de novos objectos 3D.

Um diagrama do ambiente disponível pode ser observado na Fig. 1.

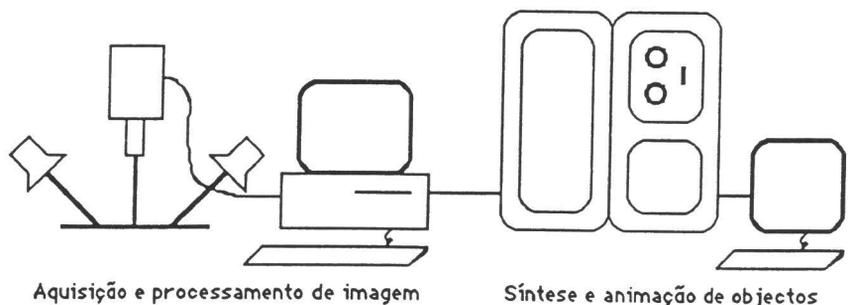


Fig. 1: O sistema de aquisição e processamento de imagem está instalado num PC AT. O Editor Gráfico 3D SOLON e o Editor de Animação ANIMED estão instalados num computador MV 7800. Os ficheiros com a descrição dos objectos são facilmente transferidos entre sistemas.

## 3. Aquisição e Processamento Digital de Formas 2D

### Suporte Físico

O sistema de aquisição de imagens baseia-se numa placa controlável a partir de qualquer computador PC AT compatível. A placa permite a digitalização, manipulação e visualização de imagens video em média resolução. É constituída por duas memórias video de 512 x 512 x 8 bits, circuitos para digitalização e visualização em tempo real, oito tabelas "look-up" de entrada e oito de saída. O controle da placa é facilitado pelo acesso a uma

biblioteca de funções de manipulação e processamento de imagem.

### Extracção de Contornos

Com a aquisição e processamento de imagem pretende-se extrair a informação dos contornos dos objectos. O sinal de luminância de uma dada imagem, objectos e fundo da cena, é modelado por duas componentes: uma componente de contraste contendo informação sobre os contornos e o valor médio local do sinal; e outra componente, de textura, que encerra variações espaciais complexas com amplitude dinâmica pequena e que está associada aos detalhes de superfície [Dias 86]. A extracção de contornos, componente de contraste, comporta múltiplas fases [Dias et al 87], a saber:

#### 1. Digitalização e correcção de histograma

A imagem é digitalizada sendo corrigido o histograma. Esta correcção consiste numa redução dos níveis de cinzento de modo a otimizar a segmentação no que respeita à extracção dos contornos. A correcção ocorre em tempo real por programação de registos ("look-up table" de entrada).

#### 2. Filtragem passa-alto

Esta filtragem tem como objectivo destacar (amplificar) os pormenores dos contornos que correspondem às mais altas frequências. É a primeira fase da segmentação uma vez que a filtragem não elimina as componentes contínuas da imagem [DT-IRIS].

#### 3. Binarização

Subtrai-se da imagem filtrada a imagem original com vista à remoção das componentes contínuas. Aplicam-se de seguida operações algébricas a toda a imagem de modo a binarizá-la. Trata-se da última fase da segmentação.

#### 4. Determinação do esqueleto

A imagem binária obtida é composta por contornos constituídos por linhas espessas. Estas são processadas de modo a ser obtido o seu esqueleto (i.e. estruturas lineares conexas com um pixel de espessura) [Rosenfeld 76, Pavlidis 82] o que torna mais eficiente a fase seguinte.

#### 5. Vectorização e aproximação linear

Nesta fase procede-se à vectorização da imagem que consiste na transformação da sua representação "raster" numa codificação apropriada [Freeman 74]. Esta codificação é processada, com remoção de ruído, de modo a obter-se a definição dos contornos por segmentos de recta [Silvestre et al 87].

Na Fig. 2 pode observar-se o resultado da extracção de contornos de uma imagem constituída pelo logotipo do INESC.

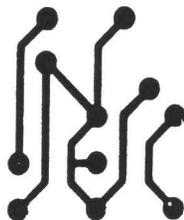
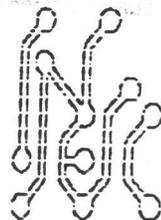


Imagem original



Contorno

Fig. 2: Exemplo de extracção de contornos (logotipo do INESC). As discontinuidades observadas no contorno devem-se a deficiente funcionamento do "hardcopy".

#### 4. Animação

##### Descrição Geral do Sistema ANIMED

O Sistema ANIMED é um sistema de animação algorítmica com aproximação cinematográfica, interactivo e apresentando uma interface amigável. A animação algorítmica consiste na possibilidade do movimento ser descrito por uma dada forma. Esta forma pode ser representada por uma lei (aproximação cinematográfica) ou por uma causa do movimento (aproximação dinâmica) [Magnenat-Thalmann et al 85].

Em ANIMED o utilizador pode aplicar a objectos 3D um conjunto de transformações (rotação, translação, mudança de escala), cada uma das quais pode seguir uma lei de evolução diferente (uniforme, aceleração/ desaceleração com variação cosinusoidal, harmónico simples, etc.) [Lopes et al 87a]. Simultaneamente o utilizador define o tempo de duração de cada sequência animada após o que as sucessivas imagens são geradas.

##### Interface com o Utilizador

Em ANIMED implementou-se um interpretador de linguagem de comandos que permite ao utilizador editar sequências animadas interactivamente. O diálogo com o sistema é conseguido à custa de três zonas no écran gráfico (Fig. 3).

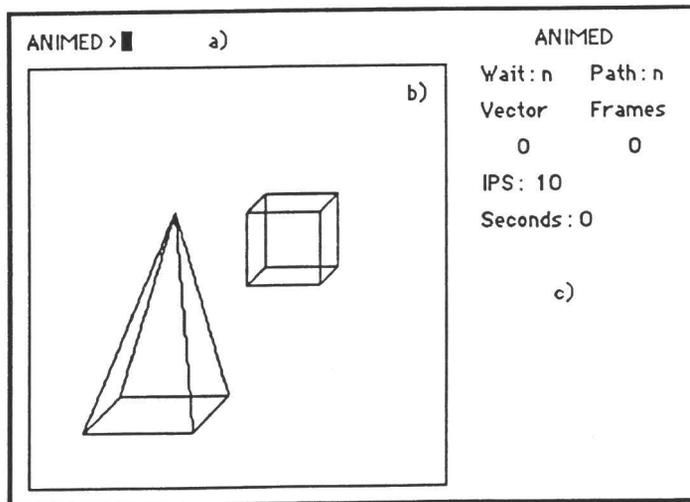


Fig. 3: Apresentação gráfica do sistema ANIMED. a) Editor de comandos; b) Visualização das sequências animadas; c) Informações sobre o estado do sistema.

##### Linguagem de Comandos

Em ANIMED são possíveis os comandos **load**, **save**, **help**, **ips**, **path**, **clear**, **wait**, **learn**, **end learn**, **exec** e **van** (vectores de animação) [Lopes et al 87a]. Além destes estão disponíveis ainda **proj**, **display**, **delete**, **stop** e **no step**.

Salientamos os seguintes comandos:

**load:** carrega para memória dinâmica uma cena guardada em metafile;  
**proj:** permite alterar a projecção de visualização;

**display:** visualiza uma imagem previamente carregada em memória dinâmica;

**delete:** destrói uma imagem existente em memória dinâmica;

**ips:** o comando **ips** ("images per second") permite especificar o número de imagens a produzir por unidade de tempo; actualiza uma variável de sistema cujo estado é visualizado na zona c da Fig. 3;

**path:** permite controlar a forma de visualização da animação; com o valor **yes** o sistema visualiza todas as imagens produzidas; com o valor **no** visualiza uma imagem de cada vez; actualiza uma variável de sistema cujo estado é visualizado na zona c da Fig. 3;

**wait:** permite controlar o ritmo de visualização das imagens; ou sem controle, conforme a rapidez permitida pelo computador (**wait no**), ou controlado, esperando que o utilizador pressione **return (wait yes)**; actualiza uma variável de sistema cujo estado é visualizado na zona c da Fig. 3;

**learn:** com este comando entra-se em modo de aprendizagem, modo pelo qual todos os comandos dados são acrescentados a um ficheiro; actualiza informações relevantes na zona c da Fig. 3;

**exec:** entra-se em modo de execução; todos os comandos de animação guardados num ficheiro previamente especificado são executados; podem-se executar os comandos em modo contínuo ou passo a passo; no modo de execução são possíveis os comandos **stop** e **no step**;

**stop:** válido apenas em modo de execução (ver comando **exec**); permite parar a execução de um ficheiro de comandos retornando o controle para ANIMED;

**no step:** válido apenas em modo de execução (ver comando **exec**); permite comutar do modo de execução passo a passo para o modo contínuo;

**van** (vectores de animação): os **van** são as entidades atômicas que permitem produzir animação.

### Vectores de Animação

Para um dado **van** o tempo de duração dos objectos em cena, o tempo de aplicação dum conjunto de transformações aos objectos e o tempo de produção de imagens coincidem. Num **van** especifica-se um movimento complexo no espaço 3D e um intervalo de tempo de produção de imagens, que se designa por microsequência; um plano será constituído por um conjunto de **vans** interligados logica e cinematicamente; uma sequência será um conjunto de planos.

São possíveis nove tipos de movimento: translação, rotação e mudança de escala, para cada um dos eixos coordenados do espaço 3D. Cada um destes tipos de movimento pode seguir uma lei de evolução diferente de entre 8 possíveis.

O **van** é constituído por dezasseis parâmetros dos quais só são obrigatórios os primeiros quatro. Passa-se a descrever quais os parâmetros possíveis e seu significado:

### **Translações   Tempo   Leis   Ordem das Rotações   Rotações   Escalas**

**Translação (tx ty tz):** unidades de translação que o objecto se desloca nos eixos coordenados ou amplitudes do movimento (caso da lei harmónica simples);

**Tempo (t):** número de segundos da duração da microsequência; o número de imagens geradas depende do valor de **ips**;

**Leis (lt lr le):** leis de movimento a aplicar no tempo especificado em **t**, independentes para a translação (**lt**), rotação (**lr**) e mudança de escala (**le**). Na Fig. 4 podem observar-se exemplos de aplicação de algumas das leis na animação de um segmento de recta;

**Ordem das rotações (orx ory orz):** especificam a ordem da aplicação dos movimentos de rotação em torno dum eixo que passa pelo centro de massa do objecto e é

paralelo, respectivamente, aos eixos  $xx'$ ,  $yy'$  e  $zz'$ ;

**Rotações (rx ry rz):** definem os movimentos de rotação, em número de voltas completas, pela ordem especificada pelos parâmetros anteriores e segundo os eixos referidos;

**Escalas (ex ey ez):** factores de mudança de escala;

Como se pode constatar são múltiplos os graus de liberdade para definição de movimento em ANIMED.

Para um dado **van**, o sistema calcula uma matriz de transformação resultante através da concatenação de matrizes de transformação elementares activas [Mudur 86]. Uma matriz de transformação torna-se activa desde que haja especificação do movimento correspondente no **van** [Lopes et al 87].

#### Exemplo duma Sequência Animada

Passamos a descrever a sequência de animação utilizada na construção das imagens visualizadas na Fig. 4.

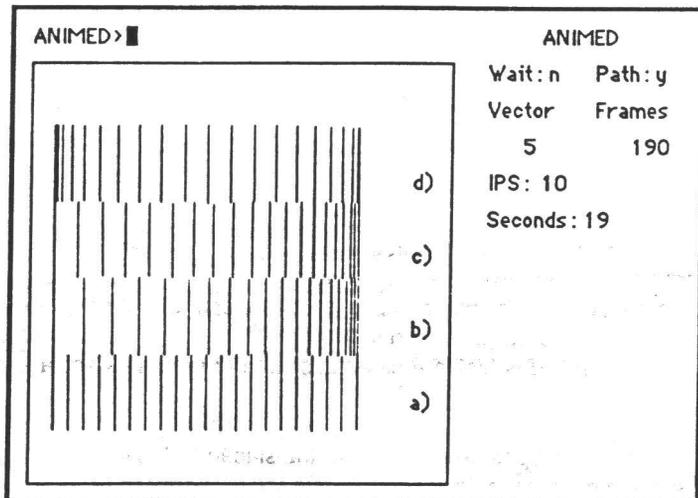


Fig. 4: Animação de um segmento de recta contido no plano  $xy$  utilizando várias leis físicas; a) lei uniforme; b) uniformemente acelerada; c) retardada com variação sinusoidal; d) acelerada/retardada com variação cosinusoidal.

O procedimento seguido consistiu na edição de comandos de animação em modo **learn** e na sua subsequente execução e teste. O conteúdo do ficheiro resultante é o seguinte:

```
delete
proj          /* selecciona a projecção oblíqua */
1
load          /* carrega para memória conteúdo do ficheiro demo0 */
demo0
clear        /* apaga écran visualizando demo0 */
path
y
80 0 0 2 0 0 /* deslocamento de 80 unidades em xx' durante 2 seg. */
```

0 20 0 0.1 0 0 0	/* com movimento uniforme */
-80 0 0 2 1 0 0	/* deslocamento de 80 unidades em -xx' durante 2 seg.*/
0 20 0 0.1 0 0 0	/* com movimento uniformemente acelerado */
80 0 0 2 4 0 0	/* deslocamento de 80 unidades em xx' durante 2 seg. */
0 20 0 0.1 0 0 0	/* com movimento retardado sinusoidal */
-80 0 0 2 5 0 0	/* deslocamento de 80 unidades em -xx' durante 2 seg.*/
	/* com movimento acelerado/retardado cosinusoidal */

## 5. Ambiente de Desenvolvimento

Todos os programas desenvolvidos foram escritos na linguagem de programação C para garantir portabilidade entre os diversos sistemas operativos existentes no INESC (AOS/VS, VMS, UNIX ou MS-DOS). Como exemplo refira-se que o algoritmo de determinação de esqueleto foi implementado em VAX 11/750 com VMS e transportado para MS-DOS. O editor ANIMED foi implementado sobre AOS/VS num computador Data General DG MV7800 e terminal gráfico DG G300, utilizando o pacote gráfico GKS.

## 6. Conclusões

No presente artigo descreveu-se um método de animação de objectos sintetizados e adquiridos. Foram referidas as fases de aquisição e processamento de formas 2D, susceptíveis de serem animadas. Analisou-se com algum pormenor o Editor de Animação 3D, ANIMED, ANIMation EDitor, orientado para o utilizador.

ANIMED caracteriza-se por uma abordagem cinematática da síntese de movimento, independente dos objectos a processar constituindo uma ferramenta de trabalho inserida na área de Animação Aplicada à Engenharia. Torna possível a simulação de fenómenos com abordagem cinematática tendo sido produzido um filme experimental "Estudo de Movimento por Computador". O sistema permite a animação quase em tempo real dependendo da carga do sistema multi-utilizador e da complexidade das figuras.

Encontra-se actualmente em implementação a 2ª geração do Editor de Animação, o sistema CLICK, sobre sistema operativo UNIX. As principais componentes de desenvolvimento são:

1. **Imagens realistas**  
Inclusão, na parte de visualização, de algoritmos de sombreado.
2. **Automatização**  
Total automatização da produção das sequências animadas por ligação a equipamento de gravação vídeo controlado por computador.
3. **Linguagem de comandos**  
Extensão da linguagem de comandos de modo a suportar actores e sub-actores, câmaras virtuais e fontes de luz.
4. **Linguagem de programação**  
Desenvolvimento de linguagem de especificação de movimento com geração de comandos de animação do editor. Este passa a ser encarado como uma máquina virtual de interpretação de comandos de animação (através do comando **exec**). A linguagem suportará tipos gráficos, actores, câmaras e fontes de luz.

### Referências

- [Lopes 87] Lopes, P. F., "Animação: Da Realidade à Ficção", *Personal Computer World*, Edição Portuguesa, 1987, a publicar
- [Magnenat-Thalmann et al 85] N. Magnenat-Thalmann, D. Thalmann, *Computer Animation: Theory and Practice*, Springer-Verlag, 1985
- [Catmull 78] Catmull, E., "The problems of Computer-Assisted Animation", *Proceeding Siggraph'78*
- [Martins et al 86] Martins, J. F., Estalagem, M. S., "SOLON, Um Editor Gráfico para 3D", Relatório Técnico, INESC, Outubro 1986
- [Pereira et al 87] Pereira, J., Suleman, A., "Algoritmos de Visualização, Estudo e Implementação", Relatório Técnico, INESC, 1987, a publicar
- [Dias 86] Dias, J. M. S., "Desenvolvimento de Algoritmos para Manipulação de Estruturas Linearizáveis no Contexto do Processamento Digital de Imagens de Cartografia", Relatório Técnico, LNETI, 1986
- [Dias et al 87] Dias, J. M. S., Videira, I. M., Lopes, P. F., "Aquisição e Processamento Digital de Formas", Relatório Técnico, INESC, 1987, a publicar
- [DT-IRIS] Engineering Specification DT-IRIS
- [Rosenfeld 76] Rosenfeld, A., Kak A., *Digital Picture Processing*, New York, Academic Press, 1976
- [Pavlidis 82] Pavlidis, T., *Algorithms for Graphics and Image Processing*, Berlin, Springer-Verlag, 1982
- [Freeman 74] Freeman, H., "Computer Processing of Line-Drawing Images", *Computing Survey*, Vol. 6, N. 1, March 1974
- [Silvestre et al 87] Silvestre, C., Pereira, J., Bernardo, J., "Extracção de Moldes para a Indústria Têxtil", Relatório Técnico, INESC, 1987, a publicar
- [Lopes et al 87a] Lopes, P. F., Dias, J. M. S., "Animação Aplicada à Engenharia", 1<sup>as</sup> Jornadas Nacionais de Projecto, Planeamento e Produção Assistidos por Computador, Dezembro 1987
- [Mudur 86] Mudur, S. P., "Mathematical Elements for Computer Graphics", *Advances in Computer Graphics*, Springer-Verlag, 1986
- [Lopes et al 87] Lopes, P. F., Dias, J. M. S., "ANIMED, ANIMATION EDITOR", Relatório Técnico, RT 87-1106-1, INESC, Março 1987