

SIMULAÇÃO DO COMPORTAMENTO ANIMAL EM APLICAÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL

Luís Filipe Mendes

lme@fct.unl.pt

Pedro Brilhante Pedrosa

pp@fct.unl.pt

Manuel João Próspero

ps@fct.unl.pt

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Informática
P-2825 Monte de Caparica

Sumário

Os mecanismos de controlo e o desenvolvimento de sistemas de simulação que possibilitem a representação do comportamento de várias espécies animais nos seus *habitats* naturais, em aplicações de Realidade Virtual, é o tema principal do presente artigo. Serão referidos os vários problemas existentes e as técnicas utilizadas, quer para a animação de animais envolvidos nestas simulações, quer para a implementação e representação compreensiva da visão do universo através dos olhos de várias espécies.

Palavras chave : modelação, animação, filtros de visão, tempo real, realidade virtual, imersão sensorial.

1. Introdução

Para a simulação em tempo real do comportamento de espécies animais, é necessário existir uma elevada capacidade de resposta do sistema a estímulos externos e internos. Os primeiros são captados por um conjunto de sensores, os segundos são resultantes de interações virtuais, sendo ambos processados pelo sistema e aplicados no controlo das entidades (modelos) existentes no universo de simulação. Além disso, é indispensável uma representação tão fidedigna quanto possível do universo real, nomeadamente dos sentidos de cada espécie (visão e audição). Cria-se, assim, a necessidade de estabelecer um compromisso entre o realismo das representações pretendidas e o desempenho inerente ao sistema de realidade virtual em que estas estão a ser desenvolvidas.

Quando se pretende representar fielmente as interações e o comportamento de várias espécies animais que coabitam num mesmo espaço geográfico, facultando ainda a possibilidade de se interagir em tempo real com o sistema, são várias as condicionantes que devem ser levadas em conta. Tratando-se de aplicações de



realidade virtual, os utilizadores têm papel activo no desenrolar da simulação, podendo, por exemplo, encarnar um determinado animal que controlam com o auxílio de sensores de vários tipos. Então, o sistema de simulação deve ser capaz de, em tempo real, modificar o estado dos elementos activos do universo (animais e outros) de forma coerente com as informações recebidas.

No caso concreto da animação de modelos tridimensionais de animais, o sistema deve ser capaz de garantir a sua correcta interacção com o meio envolvente, nomeadamente coordenar e orientar a deslocação sobre o terreno, dependendo das suas características. Deve utilizar também os estímulos sensoriais provocados pelos utilizadores, bem como garantir o correcto desempenho das actividades características de cada espécie.

A fim de proporcionar as maiores imersão sensorial e interacção possíveis do ser humano no sistema que está a ser simulado, é facultada a possibilidade do utilizador tomar o lugar de um animal de qualquer das diversas espécies existentes no ecossistema simulado, desfrutando assim de uma percepção diferente do universo que o rodeia. Sendo a visão um dos meios de percepção mais activamente solicitados na obtenção de imersão sensorial, foi escolhida como um dos alvos prioritários do estudo aqui apresentado.

Dado serem muito significativas as diferenças entre a visão animal e a humana, quer ao nível do espectro de luz visível, quer das características do campo de visão, quer ainda da definição da imagem captada, a visão do universo de simulação oferecida aos utilizadores será modificada, de modo a ficar o mais próximo possível da que se pensa ser percebida pelos animais. O mesmo se passa com a captação de som, problema que, no entanto, não será alvo da presente comunicação.

Para garantir a imersão sensorial do utilizador, tanto a visualização do universo como a recepção dos sons existentes são feitas com recurso a um capacete próprio para realidade virtual. Este equipamento é munido de um monitor independente para cada olho, um dispositivo acústico que possibilita a transmissão de som tridimensional e ainda um sensor de localização e orientação capaz de determinar, a cada momento, o movimento da cabeça do utilizador, quantificando-o em vectores tridimensionais e quaterniões [7][9].

2. Representação do Movimento

Como foi referido, a capacidade de recriar por simulação as actividades e comportamentos de animais de várias espécies, num determinado ecossistema, implica dispor da capacidade de animar os modelos que os representam de forma realista e em tempo real. Esta animação é feita tendo em conta as informações recebidas dos sensores manipulados pelos utilizadores e as induzidas por comportamentos evidenciados pelos outros animais, segundo uma lógica de atracção e repulsão. Por exemplo, um bando de aves pode reger-se por um algoritmo que relacione os seus elementos entre si e também com as outras entidades presentes no mundo virtual, como sejam outras espécies ou obstáculos naturais [10][11]. Esse algoritmo funciona independentemente

da estrutura concebida para o movimento do corpo de cada ave, que determina o seu movimento individual, como seja o batimento das asas. Para possibilitar este tipo de movimento, os modelos têm que ser construídos de modo a garantir os graus de liberdade necessários nas articulações.

2.1. Construção dos Modelos

Na construção dos modelos para animação em aplicações de realidade virtual é indispensável estabelecer um compromisso entre a complexidade e o realismo. Como se trata de sistemas em que o desempenho é primordial e inversamente proporcional à complexidade dos modelos que compõem o universo, é necessário um grande esforço para determinar o que lhes é ou não realmente indispensável, reduzindo ao mínimo os detalhes das representações que deverão, tanto quanto possível, ser resolvidos com recurso a aplicação de texturas.

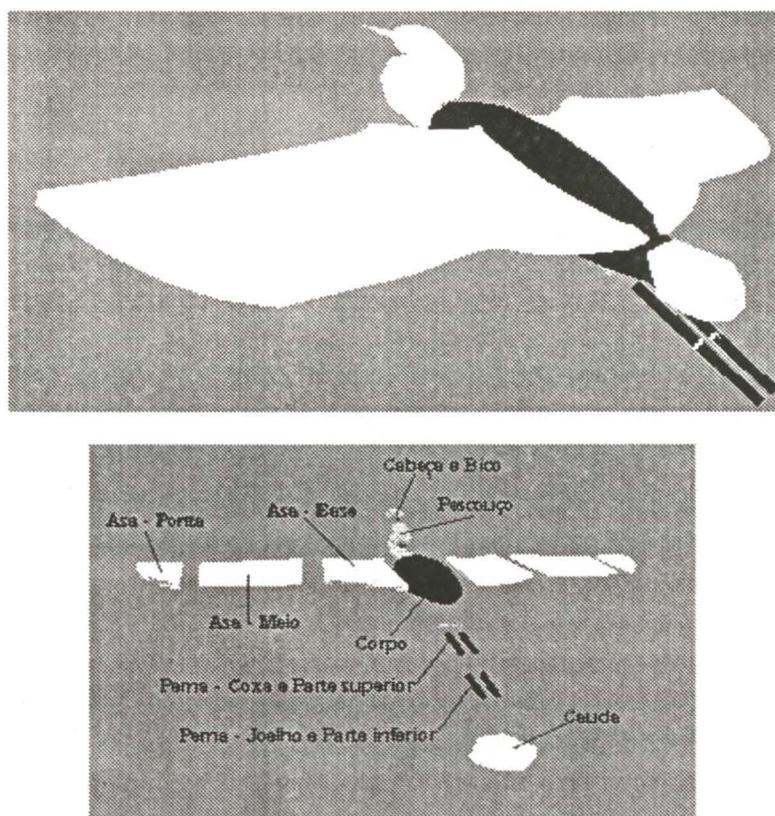


Fig. 1 · a) - Modelo de uma Garça Branca; b) - Modelo de uma Garça Branca, dividido nos elementos que a compõem.

Indispensável para a animação dos modelos de animais é também a sua capacidade de articulação, isto é, os graus de liberdade, quer dos membros, quer dos elementos que os compõem. O estabelecimento correcto das articulações dos vários membros dos modelos pode ser feito com base na análise de gravações em vídeo [4] ou na visualização directa da movimentação dos animais que servem de base aos modelos.



A partir da análise de gravações em vídeo referentes aos animais a modelar, obtêm-se descrições dos seus movimentos através da avaliação dos ângulos relativos às articulações dos membros e, à semelhança da visualização directa, torna-se possível determinar a sua forma e dimensões.

A Figura 1 apresenta o modelo de uma Garça Branca, podendo ver-se os vários elementos que compõem os seus membros. Para que as articulações dos vários componentes dos membros não viessem a causar efeitos indesejados durante a animação, isto é, descontinuidades no modelo, as suas junções foram devidamente modeladas. Para tal, recorreu-se à utilização de semi-cilindros e esferas nas zonas de junção das articulações entre elementos adjacentes.

2.2. Animação de Modelos

Para que a representação de animais no seu ambiente natural possa ter o realismo pretendido, é necessário que esses animais sejam dotados de movimento e que o seu comportamento seja o mais verosímil possível. Como agravante a estes condicionamentos, surge o facto de todo o sistema se comportar e reagir em tempo real, contemplando a interacção entre os objectos virtuais e o próprio utilizador do sistema.

A animação por computador, entendida como a movimentação de um conjunto de objectos, pode ser abordada segundo vários níveis de abstracção no que diz respeito ao seu controlo [6][8][2]. A alto nível podemos descrever o mundo através do comportamento dos objectos e das relações entre eles, enquanto que a baixo nível há que parametrizar os movimentos de cada objecto, de modo a especificá-los explicitamente. Será este último o tipo de controlo tratado de seguida, especialmente o que se relaciona com animais terrestres com pernas [12] [13], concretamente bípedes e quadrúpedes.

Para que se possam animar de forma correcta e realista os modelos dos diversos animais, é de vital importância dispor de uma recolha detalhada das características do movimento dos membros, suas posições e orientações relativas, incluindo os desfazamentos relativos entre eles, em cada momento. Estes dados podem ser obtidos utilizando o resultado de estudos levados a cabo para o efeito ou com recurso ao já referido visionamento e reconhecimento de vídeo (método actualmente em fase de estudo e desenvolvimento).

Com base nos dados recolhidos, procede-se à construção dos modelos, cujos membros e restantes elementos se constituem em hierarquia, de acordo com a função e influências que exercem entre si, possibilitando assim eficientes e coerentes relações acção/reacção. Deste modo, estabelece-se uma estrutura de tipo arborescente em que a raiz corresponderá ao Tronco do animal, onde se ligarão a Cabeça, a Cauda, as Pernas, os Braços e/ou as Asas.

Qualquer tipo de andamento de um corpo articulado e com pernas, bípede ou quadrúpede, obedece a um encadeamento sequenciado de movimentos [5]. Da análise feita ao movimento de cada Perna, é possível concluir que existem duas fases

distintas: a Fase de Suporte e a Fase de Transferência [6][12]. Tendo este facto em conta, na modelação de cada Perna utiliza-se também uma hierarquia que, na Fase de Suporte, tem por raiz o Pé, ao qual se ligam o Tornozelo, a Tíbia, o Joelho, o Fémur e a Anca, por esta ordem. Na Fase de Transferência, a raiz hierárquica da Perna situa-se na Anca, à qual, correspondentemente, se ligam o Fémur, o Joelho, a Tíbia, o Tornozelo e o Pé.

Em cada uma destas duas fases existe um Ponto Fixo. Serve de charneira ao movimento dos elementos da Perna, localizando-se no Pé, na Fase de Suporte, ou na Anca, na Fase de Transferência. A localização do Ponto Fixo na Fase de Suporte deve-se ao facto de todo o corpo se encontrar apoiado no Pé. Assim, a colocação deste no solo e a aplicação dos ângulos que parametrizam o movimento dos elementos da Perna são factores fundamentais para o cálculo da posição seguinte de toda a estrutura. Na Fase de Transferência, o Pé encontra-se no ar e a Perna é transportada de trás para a frente, com charneira na Anca. Os cálculos são feitos para os ângulos de rotação dos elementos apenas com a preocupação de respeitar as características inerentes ao tipo de andamento escolhido (velocidade e orientação), evitando também que o Pé penetre no solo ou colida com obstáculos.

A Fase de Suporte equivale à utilização de Cinemática Inversa no movimento da Perna, enquanto que a Fase de Transferência equivale à utilização de Cinemática Directa [12]. Em aplicações de tempo real, a utilização de Cinemática Inversa é proibitiva, visto acarretar um elevado número de cálculos pela necessidade de construção e inversão de jacobianos. Há, pois, que recorrer à emulação deste método. Para cada estrutura, tendo em conta o Ponto Fixo de cada fase do movimento, conhece-se a raiz da hierarquia, podendo aplicar-se, desde aí, a Cinemática Directa na propagação do movimento. Mais ainda, sabe-se que a Perna que está na Fase de Suporte comanda todo o movimento do corpo, podendo o seu Ponto Fixo ser considerado a raiz das hierarquias e do próprio movimento. Assim, apenas é necessário alterar a hierarquia definida para a mesma estrutura articulada, invertendo-a (Figura 2.a) ao longo das várias fases do movimento, de modo a substituir a necessidade de utilização de Cinemática Inversa simplesmente com Cinemática Directa [6].

Partindo deste pressuposto, pode-se analisar a totalidade do movimento pretendido de forma a parametrizá-lo apenas com ângulos utilizados na Cinemática Directa, simplificando-se assim o problema. Foi desenvolvido um conjunto de técnicas tendentes a permitir a parametrização do movimento de qualquer animal e subsequente utilização.

De modo a emular a Cinemática Inversa, aplicada aos membros de um corpo (em fase de suporte, por exemplo), optou-se por definir uma segunda estrutura articulada, perfeitamente coincidente com a estrutura construída inicialmente para representar o membro em questão. Esta segunda estrutura fica invisível e é esvaziada do seu volume, ou seja, é formada por polígonos não preenchidos, de modo a ter menos peso computacional.



As vantagens deste método advêm de se poder atribuir uma hierarquia, de ordem inversa, à estrutura invisível (com raiz no Pé, conforme a Figura 2-a)), bastando alternar entre as duas a responsabilidade de controlar o movimento, consoante a fase em que este se encontra. As desvantagens poderão advir de maiores gastos de memória (mais objectos definidos), o que, em sistemas de pequeno porte, não é relevante.

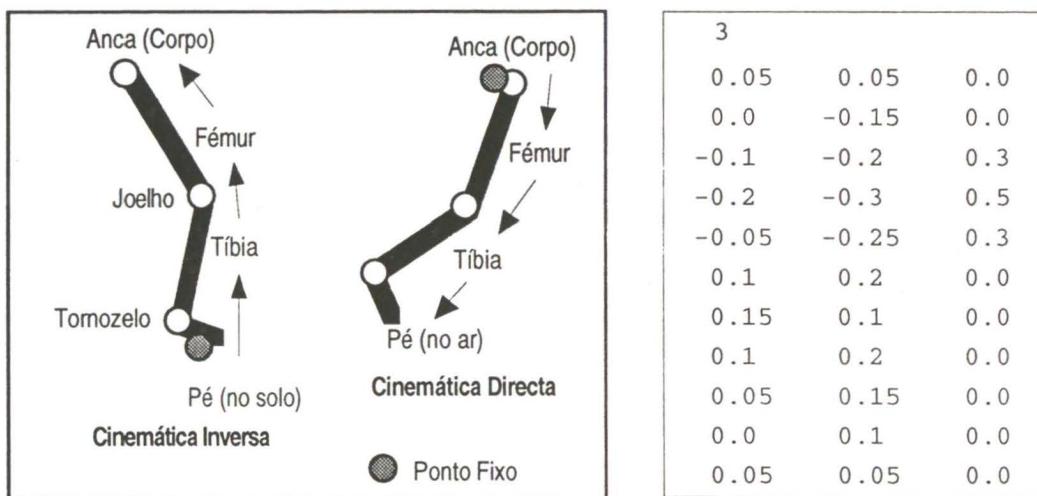


Fig. 2 · a) - Hierarquias para emulação de Cinemática Inversa; b) - Exemplo de ficheiro de Parametrização.

Na parametrização do movimento das estruturas utiliza-se uma metodologia directamente derivada da animação procedimental, mas que é utilizada na prática como animação algorítmica, uma vez que cada objecto pertencente à estrutura cumpre uma tarefa (*task*) em cada iteração do ciclo de simulação virtual. Esta tarefa (definida numa rotina) contém o movimento parametrizado.

A descrição ou parametrização deste movimento é feita através de uma matriz por cada estrutura articulada a movimentar. A matriz é carregada de um ficheiro que obedece à seguinte estrutura:

- linha 1: número de segmentos que constituem a estrutura articulada.
- linhas seguintes: uma linha por cada passo, em que cada linha de passo contém uma série de ângulos (em fracções de π radianos) que os segmentos fazem em relação à vertical, por ordem decrescente na hierarquia, respectivamente.

Considera-se que cada ciclo do movimento é composto por 10 passos. No entanto, no ficheiro deverão existir 11 linhas de passo, já que as primeira e última linhas deverão ser iguais e conter a posição neutra (central), isto é, a posição inicial e/ou a de repouso, fazendo a ligação do ciclo.

O tratamento prossegue com o preenchimento de uma matriz quadrada, em que na diagonal principal são colocados os valores dos ângulos das linhas do ficheiro acima

referido. Cada elemento da matriz contém um vector de números reais, de tamanho igual ao número de segmentos da estrutura.

Os elementos acima da diagonal principal da matriz são preenchidos com os ângulos necessários à transição do passo dado pelo número de linha para o passo dado pelo número de coluna, segundo uma Cinemática Directa aplicada à hierarquia. Por exemplo, aí se encontram os ângulos a aplicar (*top-down*) para mover uma perna para o passo seguinte, partindo da anca.

Nos elementos abaixo da diagonal principal da matriz vamos encontrar os ângulos que é necessário aplicar à estrutura (invisível) responsável por movimento em Cinemática Inversa (Fase de Suporte). Esta, quando na Fase de Transferência, também tem de acompanhar a estrutura visível, que nessa altura comanda o movimento. Tal estrutura invisível é, no entanto, movida sempre numa perspectiva *bottom-up* em relação ao solo, isto é, aplicando os ângulos partindo do último segmento (o pé).

Há que ter em atenção ao cálculo destes ângulos, visto que, consoante a cinemática, se torna necessário subtrair os ângulos já aplicados aos elementos adjacentes. Caso contrário acumulam-se desvios em relação aos valores obtidos pela diferença de ângulos directamente calculada entre dois passos seguidos do mesmo segmento.

Convém uma observação final quanto ao preenchimento de uma 11ª posição, (0,10) e (10,0), com os ângulos necessários para colocar a estrutura na posição neutra do movimento (central) a partir da vertical (0 graus), e fazer voltar precisamente à vertical a partir dessa posição neutra, respectivamente. Estes ângulos são úteis para a inicialização do mundo e para mudanças radicais de tipo de movimento, como, por exemplo, a transição do andar para a corrida.

A matriz serve de base à parametrização, por ângulos, do movimento de uma estrutura articulada (perna) por segmentos, com dois sentidos, directo e inverso. Isto permite definir o seu movimento nas duas fases que uma perna tem ao andar: a de Suporte (apoio no chão) e a de Transferência (transporte de trás para a frente, no ar).

De referir que, apesar de nalguns tipos de andamento, como no galope dois-a-dois do cavalo, existirem membros que se deslocam simultaneamente, isto só acontece aparentemente (Figura 3). Na verdade, não se estando em presença de um sistema com processamento paralelo, o movimento de cada perna, e mesmo o de cada segmento do membro, é feito iterativamente ou sequencialmente.

Daqui resulta que, por simplicidade, se pode admitir que cada perna tem uma contribuição individual para o movimento do corpo do animal. Esta contribuição pode ser controlada através da amplitude do movimento. Assim, na implementação, considera-se a dado momento como simplificação que só aquela perna "arrasta" o corpo. Aponta-se uma conseqüente falta de sincronismo e harmonia daí resultante, a custo da rapidez desta operação face ao cálculo e ajuste de uma média das 4 pernas, consoante as suas posições relativas, e cujas contribuições não são simultâneas.



É evidente que a rapidez do sistema não permite perceber, na sua totalidade, o desfasamento resultante, que aliás pode ser atenuado por movimentos compensatórios, quer na hierarquia do corpo, quer no movimento das outras pernas, conseguindo-se um resultado satisfatório sem grande peso matemático nem algorítmico.

No que diz respeito a aperfeiçoamentos, há que calcular pequenos desvios de correcção ao movimento do corpo, como um todo, procurando alguma harmonia natural dos movimentos dos seus membros. Observando e estudando as componentes do movimento coordenado humano ou animal, evidenciam-se algumas características essenciais. Assim, temos a curvatura da coluna e a rotação das ancas segundo dois planos, acompanhando o movimento alternado das pernas, no plano horizontal em relação a qual delas vai à frente, e no plano vertical em relação a estarem mais ou menos esticadas (por conseguinte com mais ou menos altura, subindo ou descendo o corpo).

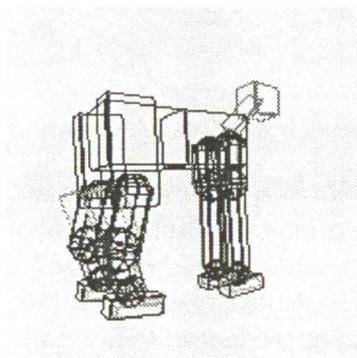


Fig. 3 - Estrutura de animal com duas hierarquias.

3. Problema da Visão animal

Como resultado da análise e comparação da visão animal *versus* visão humana, pode-se concluir que as diferenças existentes são muito acentuadas, reflectindo uma extraordinária adaptação às actividades sociais das diferentes espécies[1][4]. Identificaram-se três tipos principais de diferenças, que se relacionam com os seguintes parâmetros:

- Espectro de luz visível (deslocado; alargado; restrito)
- Campo de visão (amplitude e alcance)
- Zonas de alta definição e de efeito estereoscópico

A representação destas diferenças levanta problemas diversos, devido às suas características muito próprias. Cada um destes problemas exige uma abordagem e um esquema de representação diversificado, adaptado à percepção dos sentidos humanos. Para a obtenção de resultados tão realistas quanto possível, torna-se necessário recorrer à utilização combinada dos vários mecanismos utilizados para a abordagem e resolução dos diferentes problemas acima referidos.

Para a implementação das metodologias inerentes a estas abordagens recorre-se, em cada iteração da simulação do mundo virtual, a mecanismos que se podem dividir em duas categorias, consoante a fase da iteração em que têm lugar :

- Pré-Rendering
- Pós-Rendering

Os mecanismos utilizados na fase de Pré-Rendering destinam-se à realização de operações eventualmente necessárias, como sejam o ajuste da pirâmide de visão, alteração de cores e características dos objectos, modificação de iluminação e, em sistemas distribuídos, à troca de mensagens para sincronização e actualização do estado do sistema.

A fase de Pós-Rendering tem lugar imediatamente a seguir à geração, pelo sistema de realidade virtual, da imagem do universo de simulação e antes da apresentação do resultado final ao utilizador. A imagem final resulta da aplicação, nesta fase, de funções que processam a imagem resultante do *rendering*, a modificam, a compõem e a preparam para apresentação, de acordo com as características da visão do animal em simulação. Refira-se que as funções a executar nesta fase devem ser previamente registadas no "servidor" de Pós-Rendering, desenvolvido para o efeito, que as põe em execução. Este servidor possibilita a execução de várias funções para a resolução dos diferentes problemas de representação da visão, cujos efeitos se vão adicionando, alargando assim o leque das possíveis manipulações de imagem.

3.1. Espectro de Luz visível

Os trabalhos desenvolvidos neste âmbito foram de carácter exploratório, servindo para a avaliação da exequibilidade de mecanismos de tratamento de imagem em tempo real e para o lançamento da discussão em torno da problemática da cor e das reacções a ela associadas.

Das várias diferenças existentes entre a visão humana e a animal, uma das que mais se evidencia é a que diz respeito às diferentes características dos espectros de luz captados. A abordagem à representação destas diferenças é feita tendo em conta três tópicos :

- Ampliação do espectro de luz visível (p.ex. aranhas [4])
- Redução do espectro de luz visível ou de definição de tons (p.ex. raposas [4])
- Deslocação do espectro de luz visível (p.ex. abelhas [1][4])

A ampliação do espectro de luz visível implica a utilização de mecanismos de Pré e Pós-Rendering. Na fase de Pré-Rendering são utilizadas funções que modificam as cores dos objectos na simulação de acordo, por exemplo, com os índices de radiação de ultravioletas que emitem e com a sensibilidade a essa radiação, por parte do animal em causa. Para isto, utilizam-se cores especiais, que são reservadas na paleta de cores



do sistema e que ficarão associadas a esses tipos de radiação. Tais cores serão posteriormente reconhecidas e realçadas ou trabalhadas na fase de Pós-Rendering.

Após a geração, pelo sistema, da imagem do universo, têm lugar as actividades de Pós-Rendering que se destinam ao processamento e conversão de cores, e/ou à sua tradução para cores representativas em termos da sensibilidade humana. Para este efeito deve-se recorrer a uma tabela de conversão, que possibilita o mapeamento das cores vistas pelos animais para as reacções que estas lhes induzem. A partir dessa tabela, estas reacções são convertidas para as cores que provocam efeitos equivalentes nos humanos, caso existam, como sejam atracção e repulsão. No caso de algumas aves aquáticas, a cor azul indica-lhes a existência de locais para descanso e alimentação, provocando atracção por associação com a água, o que pode suceder com os humanos relativamente à cor verde, por associação com espaços de lazer.

As funções utilizadas nesta fase são genericamente filtros de cor, cujos efeitos têm que ser estudados para cada caso específico, de modo a processarem convenientemente a imagem recebida do *rendering* e a garantirem um resultado realista adequado.

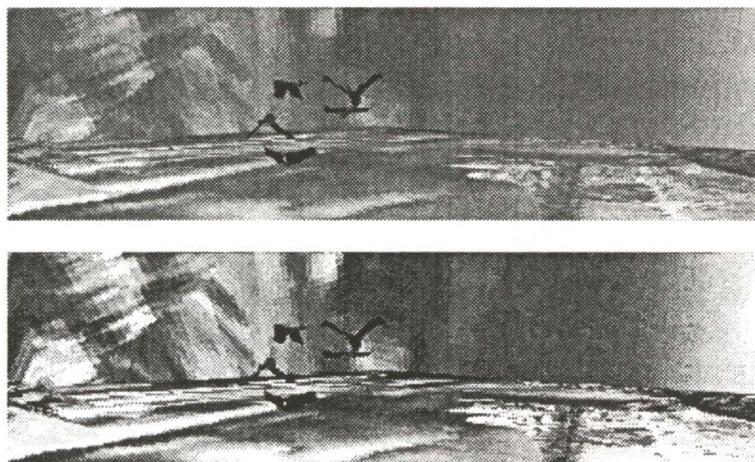


Fig. 4 - Impressão de imagem antes e depois da aplicação dum filtro de realce do contraste.

A redução do espectro de luz visível requer operações mais simples e localizadas, que têm normalmente lugar em Pós-Rendering e se destinam à filtragem da imagem gerada pelo sistema, de modo a eliminarem tons invisíveis e/ou modificarem o número de tonalidades distinguíveis. Estas operações são basicamente filtros de cor que actuam sobre a imagem gerada pelo sistema, analisando e modificando as cores existentes de acordo com critérios pré-definidos. Para alguns casos, são no entanto exigidas operações de Pré-Rendering destinadas à ocultação ou modificação de objectos do universo menos visíveis, de acordo com as capacidades de visão do animal.

Como será de esperar, a deslocação do espectro de luz visível é um misto dos casos anteriormente referidos, podendo por isso ser necessário utilizar mecanismos

inerentes a um ou a ambos os processos acima descritos. Assim, por vezes é necessário, na fase de Pré-Rendering, modificar as características de objectos existentes no universo para possibilitar a representação de cores invisíveis ao olho humano, como, por exemplo, ultravioletas, alargando deste modo os limites do espectro. Na fase de Pós-Rendering pode também ser necessário processar a imagem com o intuito de eliminar ou realçar cores de acordo com o espectro visível para o animal em causa (Figura 4). Como resultado da combinação destas operações, efectiva-se a alteração dos limites e, eventualmente, da amplitude do espectro de luz captado.

3.2. Campo de Visão

Existem vários factores que contribuem para que o campo de visão dos animais não seja o mesmo que o do ser humano, tendo-se concluído, dos estudos efectuados, que os principais seriam:

- A posição e orientação da cabeça, de que depende a perspectiva que se obtém do universo;
- A disposição e orientação dos olhos, que influencia o ângulo de visão e a estereoscopia;
- A fisiologia dos olhos, responsável pelo alcance da visão, definição e percepção da cor.

Considerar estes factores é imprescindível quando se quer obter uma representação realista da visão de cada animal. É nesta base que se desenvolvem mecanismos de modificação das características do campo de visão existentes no sistema de realidade virtual [7]. Estas modificações destinam-se a facultar ao utilizador a possibilidade de ter uma perspectiva diferente do universo em que se encontra [1].

As características do campo de visão dos vários animais podem divergir das humanas de diferentes maneiras, como sejam na sua amplitude angular e/ou no seu alcance.

Para campos de visão com amplitudes angulares superiores a 180 graus, limite máximo para cada pirâmide de visão no sistema, há necessidade de utilizar um sistema distribuído, em que exista uma máquina responsável pela geração da imagem de cada olho. Neste sistema, as posições relativas dos olhos e as orientações das pirâmides de visão que lhes estão associadas reproduzem, em realidade virtual, as do animal que está a ser simulado. As imagens geradas podem então ser processadas e apresentadas independentemente por cada máquina, ou podem, em alternativa, ser processadas e compostas por uma máquina responsável pela sua apresentação ao utilizador. Com este sistema permitem-se amplitudes de visão até 360 graus, por conjugação das imagens geradas. Todo o trabalho sobre as imagens é, uma vez mais, desenvolvido em Pós-Rendering com recurso a funções de processamento de imagem. As soluções para sistemas distribuídos são, no entanto, muito penalizadas pelos custos associados à sincronização do sistema [14].



A redução do alcance e amplitude angular do campo de visão é feita na fase de Pré-Rendering recorrendo às funcionalidades do sistema para manipular a pirâmide de visão, nomeadamente as suas amplitudes angulares e planos de recorte. Estas funcionalidades podem, em certos casos, ser acompanhadas por operações de processamento de imagem que, em Pós-Rendering, limitam as dimensões das imagens apresentadas, fazendo realçar as limitações impostas à amplitude do campo de visão.

3.3. Zonas de Alta Definição e de Efeito Estereoscópico

As técnicas para controlar o efeito de estereoscopia trabalham ao nível da orientação relativa das pirâmides de visão associadas aos olhos. Nesta matéria torna-se difícil assegurar sempre um bom resultado. Bastará ter em consideração que aves como o corvo são capazes de fazer variar as zonas em que esse efeito se faz notar [4].

Para a manipulação do efeito de estereoscopia, pode ser necessário recorrer à utilização de um sistema distribuído em que, tal como anteriormente, exista uma máquina responsável pela geração da imagem para cada olho. Esta necessidade fica-se a dever às limitações do sistema de realidade virtual existente, em que as duas pirâmides de visão activas, uma associada a cada olho, têm que ter os seus vectores de projecção paralelos, e ao facto de, para alguns animais, isso não ser verdade. Com o sistema distribuído torna-se possível orientar independentemente as pirâmides de visão, na fase de Pré-Rendering, possibilitando assim o controlo do efeito estereoscópico obtido. Tal como na solução para campos de visão com amplitudes superiores a 180 graus, a apresentação e o processamento das imagens podem ser feitos separadamente por cada máquina, ou por uma só, responsável por essas tarefas.

Em casos semelhantes ao da visão humana, este problema é de mais simples resolução. Assim, devido ao paralelismo dos vectores de projecção das pirâmides de visão dos humanos, o controlo do efeito estereoscópico pode ser feito apenas com a variação da distância entre os seus vértices, e, logo, dos seus vectores de projecção. Como consequência, a sobreposição das duas pirâmides varia, fazendo assim variar o efeito conseguido. Deste modo, e com recurso a duas placas gráficas, torna-se possível a utilização uma só máquina. Cada uma dessas placas fica responsável pela geração das imagens vista por cada olho.

Dependendo da fisiologia dos olhos de cada animal, existe uma variação da capacidade de captação de imagens de alta definição. Por exemplo, enquanto que o ser humano capta com alta definição a zona circular central da imagem percebida (Figura 5-b)), para o leão ela é uma faixa horizontal a toda a largura, havendo até certos animais, como a abelha, em que tal zona nem sequer existe. A representação destas diferenças será feita apenas para aqueles animais em que esta zona diverge significativamente da captada pelos olhos humanos.

A obtenção destes tipos de representação consegue-se com recurso ao processamento em Pós-Rendering das imagens geradas pelo sistema. Deste processamento fazem parte a adição/filtragem de ruído, bem como a aplicação de alguns

efeitos especiais. As imagens apresentadas nas Figuras 5-a) e 5-b) são o resultado de rotinas de processamento de imagem aplicadas à Figura 5-c). Esta última imagem resulta directamente do *rendering*, tendo-se dela obtido as anteriores pela introdução de ruído, através do efeito de mosaico, afim de simular a menor definição de algumas zonas.

O efeito conjunto dos vários processamentos, devido às diferentes características da visão de cada animal, possibilita a obtenção de um resultado final que se aproxima dos objectivos inicialmente propostos, isto é, a representação da realidade existente.

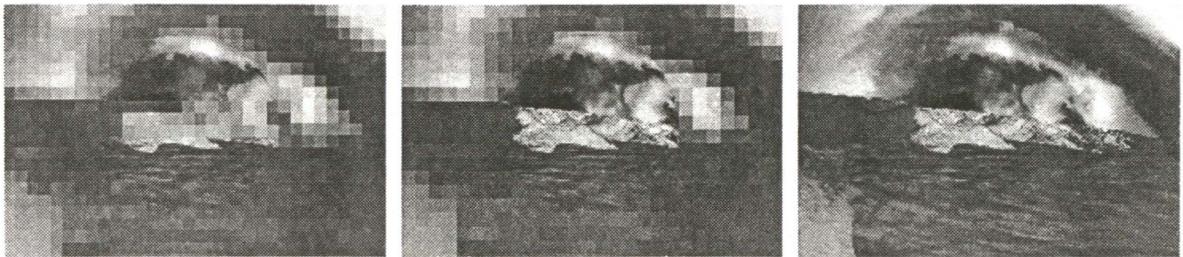


Fig. 5 · a) Imagem captada pelos olhos de um libelinha; b) Imagem captada pelos olhos humanos; c) Imagem gerada pelo sistema.

4. Desenvolvimentos futuros

No que diz respeito à simulação do comportamento animal há que evoluir no campo da interacção entre os animais e o mundo que os rodeia. Correntemente está a realizar-se trabalho no desenvolvimento de algoritmos de simulação ambiental. Por outro lado, na área da modelação e animação, efectuem-se melhoramentos no que diz respeito à interacção dos modelos de animais com o terreno (*terrain following*). Estão também a decorrer trabalhos de desenvolvimento e aplicação de objectos de pele (*skin-objects*) às estruturas articuladas que representam os animais. Todas estas técnicas permitirão o aumento do grau de verosimilhança da representação visual dos animais, no mundo virtual, tanto ao nível do modelo, como do seu movimento e comportamento no decorrer das simulações.

No respeitante à representação da visão animal, estão a ser feitos estudos no sentido de avaliar e melhorar os algoritmos para sistemas distribuídos. Será também testada a utilização simultânea de diferentes máquinas dedicadas às actividades de processamento de imagem, necessárias na fase de Pós-Rendering.

5. Conclusão

A simulação do comportamento animal em aplicações de realidade virtual implica que o utilizador se sinta "na pele" do animal que pretende representar, para o que contribui grandemente a forma de deslocação e de percepção do ambiente envolvente. Pela simples aproximação à realidade do modo de locomoção e de visão, consegue-se imersão sensorial suficientemente convincente utilizando *hardware* de realidade virtual



apropriado, permitindo ao utilizador um controlo efectivo da simulação em que ele toma parte.

A utilização destas metodologias integra-se no âmbito da simulação virtual de ecossistemas ambientais, nomeadamente dos vários níveis tróficos existentes e aos quais o utilizador pode pertencer. Com estes objectivos foi criado o projecto COAST que está a ser desenvolvido na FCT/UNL como trabalho conjunto de elementos do Departamento de Informática (Computação Gráfica) e do Grupo de Análise de Sistemas Ambientais (GASA). Este projecto é financiado pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (bolsa nº PEAM/GAG/243/93) e visa a criação de um jogo de carácter educativo, baseado num sistema de simulação em tempo real capaz de dar a conhecer a fauna existente no estuário do rio Sado. Para atingir tal fim, o jogador/utilizador irá encarnar sucessivamente os vários animais numa hierarquia.

Essa encarnação possibilitará ao utilizador desfrutar de sentidos como a visão e a audição com características semelhantes às desses animais. Assim, perante as diversas situações que surgirem ao longo da simulação, o utilizador agirá da maneira mais conveniente, respeitando os instintos e hábitos de cada espécie animal. Os comportamentos sociais e a interacção entre espécies também poderá ser avaliada no decorrer do jogo.

Do equipamento computacional disponibilizado para o desenvolvimento do projecto destaca-se um capacete para visualização (Head Mounted Display VPL), um sensor acoplado (Polhemus IsoTrack II), um dispositivo de entrada 3D (Spaceball 2003), uma placa de som (BeachTron) e uma placa gráfica (SPEA Fire Board i860). Todo este sistema está baseado em ambiente MS-DOS, correndo sobre uma plataforma PENTIUM.

O *software* utilizado neste projecto inclui, para modelação, o 3D-Studio v3.0 da Autodesk, e como sistema de realidade virtual o WorldToolKit 2.0 [7] da Sense8.

Agradecimentos: Os autores desejam agradecer aos colegas Joaquim Muchaxo, Emanuel Santos, Jorge Neves, Eduardo Dias, João P. Silva e, de uma forma geral, a todos os restantes elementos da NOVASOFT/GASA que com eles colaboraram.

7. Referências

- [1] Jakob von Uexküll, *Dos Animais e dos Homens*, Livros do Brasil, Lisboa
- [2] A.A. Maciejewski, "Computational Modeling for the Computer Animation of Legged Figures", in *Computer Graphics Proceedings*, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, pp. 263-270, 1985
- [3] Luís Silva, Jorge Valadares, *Manual de Física, Ondas e Campos*, Didáctica Editora, 3ª edição, 1988

- [4] “Super Sense, Vision”, filme em vídeo escrito e produzido por John Downer, BBC, 1988
- [5] A. Witkin, W. Welch, “Fast Animation and Control of Nonrigid Structures”, in *Computer Graphics Proceedings*, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, pp. 243-252, 1990
- [6] A. Watt, M. Watt, *Advanced Animation and Rendering Techniques*, ACM Press, Addison-Wesley, 1993
- [7] *WorldToolKit 2.0 Reference Manual*, Sense8 Corporation, 1993
- [8] C. Elliott, G. Schechter, R. Yeung, S. Abbi-Ezzi, “TBAG: A High Level Framework for Interactive, Animated 3D Graphics Applications”, in *Computer Graphics Proceedings*, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, pp. 421-434, 1994
- [9] K. Shoemake, “Animating Rotation with Quaternion Curves”, in *Computer Graphics Proceedings vol. 19#3*, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, pp. 245-254, July 1985
- [10] C. W. Reynolds, “Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioural Model”, in *Computer Graphics Proceedings vol. 21#4*, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, pp. 25-34, July 1987
- [11] C. W. Reynolds, “An Evolved, Vision-Based Model of Obstacle Avoidance Behaviour”, in *Computer Graphics Proceedings vol. 21#4*, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, pp. 25-34, July 1987
- [12] M. Girard, A.A. Maciejewski, “Computational Modeling for the Computer Animation of Legged Figures”, in *Computer Graphics Proceedings vol. 19#3*, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, pp. 263-270, July 1985
- [13] D. Zelter, M. McKenna, “Simulation of Autonomous Legged Locomotion”, in *Artificial Life III*, Santa Fe Institute, Vol.XVII, Addison-Wesley, 1994
- [14] A. Tanenbaun, “Modern Operating Systems”, Prentice-Hall International Editions, New Jersey, 1992

