

Simulando movimento de bando de pássaros em JavaScript

Guilherme Henrique Polo Gonçalves

Departamento de Informática
Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá, PR – Brasil

ggpolo@gmail.com

1. Introdução

A simulação do movimento em bando praticado na natureza, Figura 1(a), foi desenvolvida para simplificar e tornar mais real a forma como é feita a animação de elementos que descrevem movimentos complexos.



(a) Na natureza (foto de Tim Edelsten)



(b) Em filme

Figura 1. Ocorrência de bandos

O trabalho de [Reynolds 1987] descreveu uma abordagem para essa simulação, tendo como foco os pássaros. Simular um bando de pássaros, nesta abordagem, equivale a simular o comportamento individual de cada pássaro. Entretanto, o comportamento individual inclui a percepção necessária para coordenar o voo e indiretamente criar um bando. Este modelo de simulação tem sido adaptado e utilizado em cenas de filmes, como aquela do Rei Leão onde ocorre a debandada de gnus, Figura 1(b). No presente trabalho seguiu-se os conceitos introduzidos por Reynolds, que são apresentados agora.

Um pássaro simulado é denominado de *boid*, que vem de *bird-oid* (pássaróide – uma mistura de pássaro com andróide), e obedece a três regras:

1. Evitar colisão com pássaros próximos;
2. Esforçar-se para manter uma aceleração próxima daqueles ao seu redor;
3. Tentar ficar suficientemente próximo de outros pássaros para manter o bando.

A proximidade entre dois *boids* é, geralmente, dada pela distância e direção de deslocamento. Definir um ponto onde dois pássaros passam a estar próximos é específico da implementação. A aceleração é um vetor formado pela combinação entre direção de deslocamento e velocidade atual.

Além destas regras que descrevem o comportamento de um bando, o artigo de [Reynolds 1999] apresenta outras que servem para complementar a simulação. Duas delas foram utilizadas aqui: (1) Evitar colisão com objetos; (2) Vagar pelo mundo. A primeira

destas é utilizada pois o mundo simulado pode conter obstáculos; a segunda é aplicada, neste trabalho, a um *boïd* quando o mesmo estiver fora de um bando.

Para desenvolver esta simulação, a linguagem de programação JavaScript [Flanagan 2006] foi utilizada por apresentar boa portabilidade e atualmente estar presente em grande parte dos *browsers*. A seção seguinte descreve o que foi desenvolvido e em seguida alguns experimentos sobre esta implementação são apresentados.

2. Implementação

O aplicativo desenvolvido simula o comportamento do movimento em bando em duas dimensões e trata os indivíduos como pontos. Essas especificações simplificam a implementação, não sendo necessário tratar deslocamento e rotação no eixo z além de reduzir a quantidade de cálculos necessários para a aplicação das regras. A Figura 2 apresenta uma visão geral do aplicativo em execução.

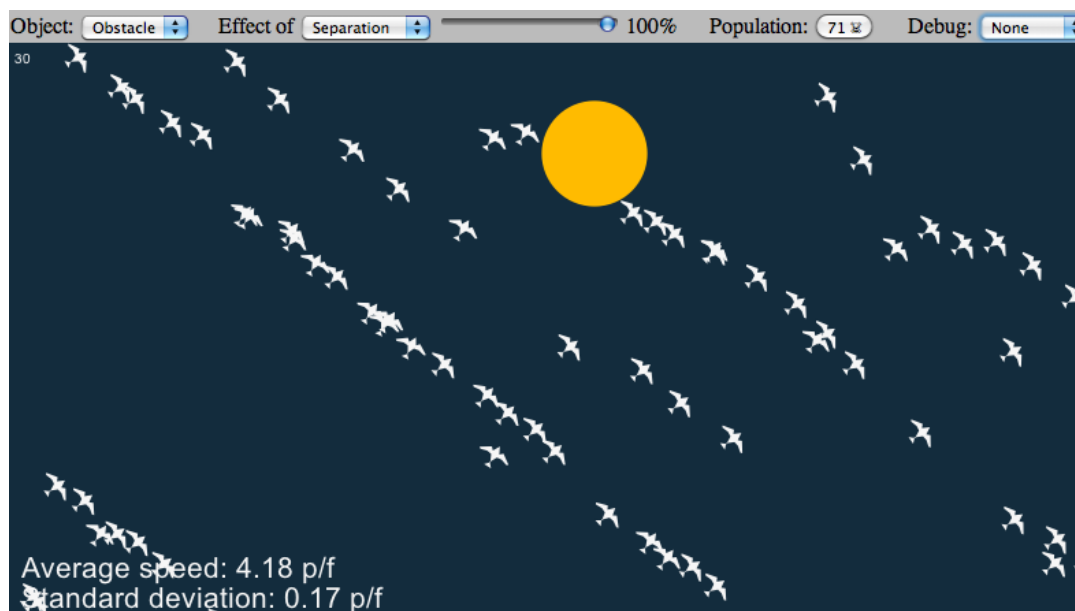


Figura 2. Aplicação em execução com 71 pássaros e um obstáculo em amarelo

No topo da Figura 2 estão contidos os controles disponíveis ao usuário. Pode-se criar obstáculos ou pássaros selecionando o respectivo objeto por meio de um menu (aquele mais a esquerda) e clicando em qualquer posição do grande retângulo azul escuro. O efeito de cada regra sobre cada pássaro pode ser ajustado no controle logo a direita deste primeiro. Para matar um *boïd* pode-se clicar no botão que apresenta o tamanho da população atual seguido de uma caveira. Por último, é possível exibir informações a respeito da visão dos *boïds* ao alterar o nível de depuração exibido.

O ângulo de visão de cada *boïd* é utilizado para a aplicação das três regras descritas por Reynolds. Num primeiro momento considerou-se uma visão de 360°, simplificando a detecção de *boïds* vizinhos. Entretanto, optou-se por tratar o ângulo de visão como um parâmetro de modo a permitir testes sobre o mesmo. Atualmente este ângulo é fixado em 270°, onde tal número foi obtido do estudo realizado em [Heppner et al. 1985] que indica um campo de visão de 135° em cada olho para um tipo específico de pássaro. Este valor

é dito ser fixo por razão do aplicativo não disponibilizar um controle sobre o mesmo para o usuário. Também é considerado um raio para a aplicação das regras 2 (alinhamento) e 3 (coesão) e um outro raio para a regra 1 (separação). Escolheu-se dois raios distintos por considerar que a separação só é necessária quando *birds* estão muito próximos, ao passo em que manter um bando requer um maior número de informações ao redor de cada *boid*. A Figura 3 apresenta estas informações mencionadas.

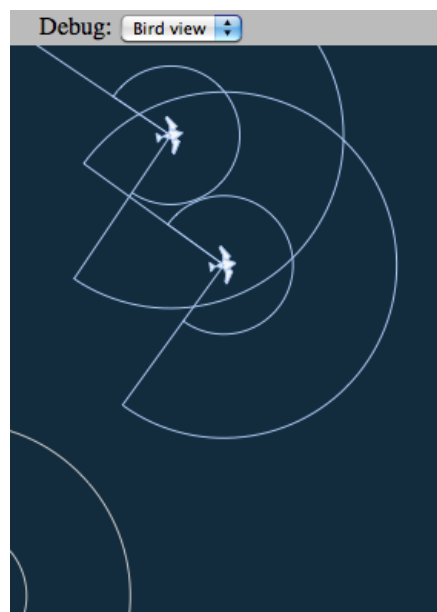


Figura 3. Visão dos *birds*

Na Figura 3, o setor circular interno representa a região de separação enquanto que o externo descreve aquela onde as outras duas regras para bandos aplicam-se. Nota-se que há um setor circular parcial, na parte inferior à esquerda da figura, com cor cinza, indicando que o pássaro ali presente não está em um bando e, portanto, vaga pelo mundo.

A implementação das regras de separação, alinhamento e coesão foi feita seguindo o artigo de [Reynolds 1999]. A primeira destas obtém um vetor que corresponde a média da soma das distâncias entre o *boid* em consideração e os demais em seu raio de separação, levando em conta que uma distância maior representa uma necessidade menor de separação. A regra de alinhamento consiste em realizar uma média das direções de deslocamento daqueles *birds* contidos no raio maior do *boid* em consideração. Na coesão é feito uma média das posições atuais dos *birds* existentes no raio maior, efetivamente indicando uma posição de centro de massa para onde um *boid* específico deverá ser deslocado. Em todas as regras têm-se um vetor resultante que são somados e que indicam como cada pássaro deve responder ao ambiente. Entretanto, para tornar esta resposta menos artificial, os movimentos são limitados de forma que não ocorram movimentos bruscos entre um *frame* e outro. Atualmente, os vetores são limitados ao comprimento 0,065 (valor arbitrário, obtido por experimento) e resulta em movimento mais suaves.

Os últimos pontos a serem tratados dizem respeito a detecção de colisão. Há duas formas de colisão: (1) entre *birds*; (2) entre *boid* e obstáculo. Neste segundo caso é feito uso de um retângulo, Figura 4, que estende-se além do raio de aplicação de outras regras.

Nos dois casos de detecção de colisão realiza-se uma translação, considerando a

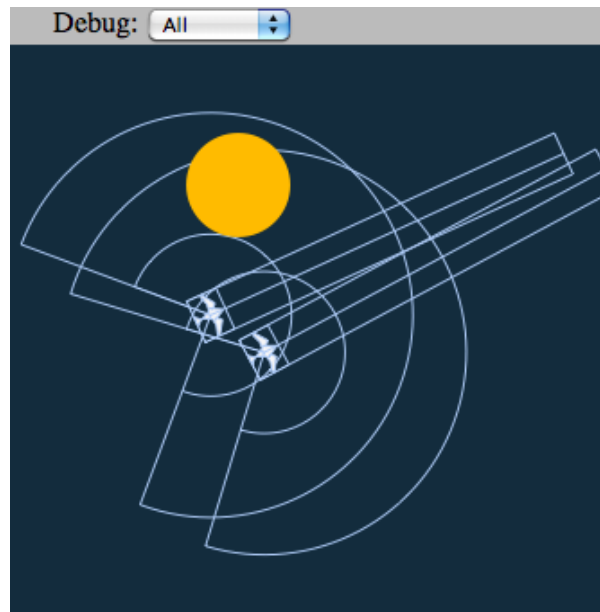


Figura 4. Retângulo para detecção futura de colisão com obstáculos

posição do *bird* corrente como origem, e uma rotação considerando a direção de deslocamento do mesmo. Ao aplicar estas operações, torna-se mais simples detectar a colisão. Para o caso de retângulo e círculo (*bird* e obstáculo), verifica-se se o centro, na coordenada x , do obstáculo encontra-se na frente (a direita) do pássaro e se a distância até esta coordenada é menor que o comprimento do retângulo mais o raio do círculo. Satisfazendo estas condições, verifica-se se $|P_y| < C_r + \frac{R_A}{2}$, com P_y representando a coordenada y do centro do círculo, depois de transladada e rotacionada, C_r equivalendo ao raio do círculo e R_A sendo a altura do retângulo. Para determinar a direção de deslocamento de forma a desviar do obstáculo, escolhe-se o vetor normal em relação a direção de deslocamento atual com base no ponto de colisão com o círculo de modo que seja necessário menor esforço por parte do *bird* para desviar com sucesso. O outro caso de colisão, ponto com setor circular (*bird* e *bird*), é tratado de forma similar. A diferença é que após realizar a translação e rotação, aplica-se a função arco tangente no ponto resultante para identificar se o respectivo ângulo encontra-se na faixa $\pm 135^\circ$.

3. Experimentos

Dois experimentos foram realizados: (1) determinação do tamanho de população com desempenho perceptivelmente ruim; (2) aplicação isolada da regra de separação.

Para replicação mais próxima do primeiro experimento deve-se considerar os seguintes requisitos: sistema operacional Mac OS X 10.6.5; processador Intel Core 2 Duo, modelo P8700; memória principal de 4 GB de 1066 Mhz, PC3-8500 DDR3 SO-DIMM SDRAM; *browser* Safari 5.0.3. Este experimento verificou que uma população inicial de tamanho superior a 130 causa uma perceptível demora no início, sendo este um dos momentos de maior intensidade computacional pois todos os *boids* foram criados num mesmo ponto e, portanto, há uma grande quantidade de vizinhos a serem considerados na aplicação de regras. Ao longo da simulação, aumentou-se a população até 250 e então notou-se baixo desempenho: taxa de atualização abaixo de 30 quadros por se-

gundo (topo esquerdo da Figura 2) com visível degradação do movimento suave. Isso indica que a implementação realizada tem baixo desempenho, visto que apresenta custo computacional $O(n^2)$ para aplicação das regras a cada *frame*. Para simular populações maiores, uma alternativa seria trabalhar com métodos de implementação mais eficientes [Zhou and Zhou 2004][Reynolds 2006] para simulação de bandos.

No segundo experimento foram verificadas quais diferenças surgem durante a simulação no caso de aplicar a regra de separação de forma exclusiva. Ou seja, caso um *boid* precise realizar a separação então esta é a única regra aplicada. Inicialmente sempre combinou-se as três regras para movimento em bando, mas ao pensar que um pássaro nunca irá desejar colidir com outro torna-se interessante visualizar o que isto causa na simulação. A Figura 5 apresenta as diferentes formações durante a inicialização da simulação e a Figura 6 exhibe o resultado obtido num estado mais estável. Ambas simulações utilizaram o mesmo *seed*.

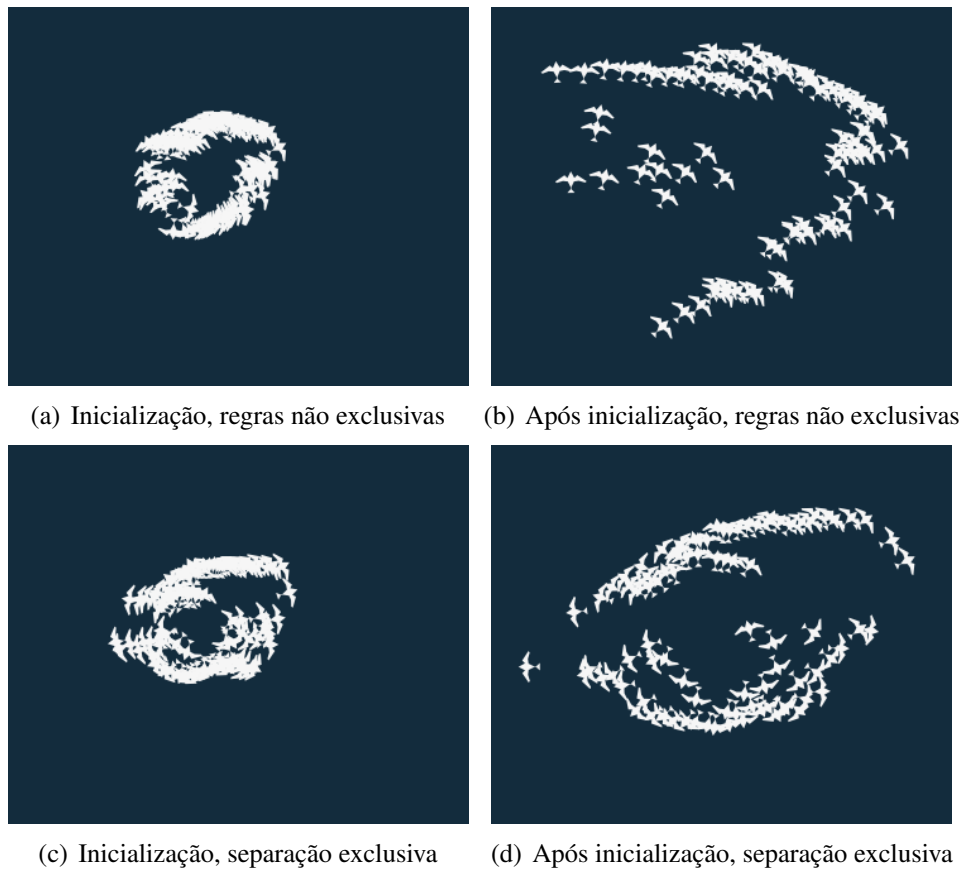


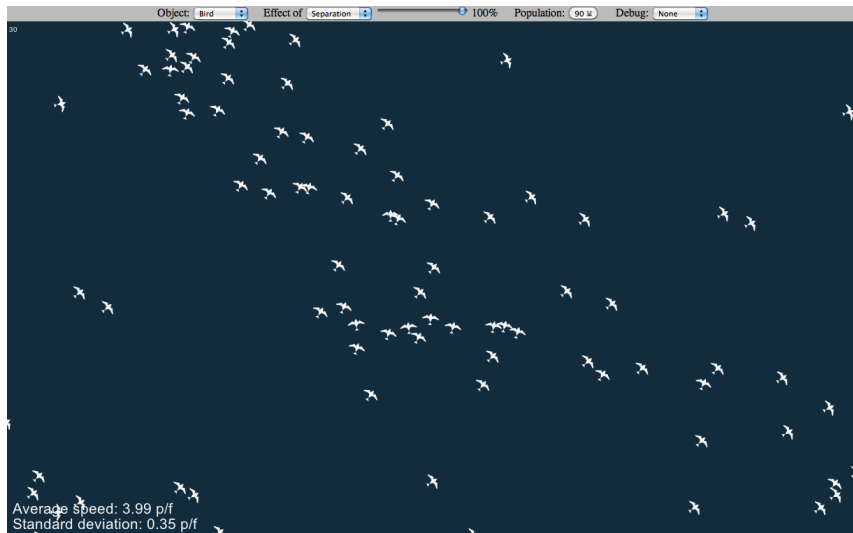
Figura 5. Fase mais intensa de aplicação de regras

Na Figura 5 nota-se que com uso de regras não exclusivas a tendência é a formação de um único bando logo no início. Por outro lado, aplicar a regra de separação de forma exclusiva causa um maior espalhamento dos *boids* e cria-se mais de um bando neste momento.

A Figura 6 conclui o experimento. Nestes casos ocorreu que a observação inicial se manteve ao longo da simulação. Ou seja, a tendência de manter um único bando ou quase todos *boids* em bando (mesmo que em diferente bandos) permaneceu com o



(a) Regras não exclusivas



(b) Separação exclusiva

Figura 6. Estado quase estável da simulação

uso de regras não exclusivas. Pode-se notar uma formação mais caótica na Figura 6(b), enquanto que no outro caso (Figura 6(a)) a direção dos pássaros aparenta maior uniformidade. O fato dos *birds* estarem em bando em maior quantidade na Figura 6(a) também é indicado pelo desvio padrão da velocidade média calculada em $\frac{pixels}{frame}$, com este estando mais próximo de 4,2 p/f, que é o valor atingido por bandos nesta simulação. Pela aparente maior tendência a formação de bandos, na implementação final optou-se por manter regras não exclusivas.

Um outro experimento a ser feito diz respeito a força aplicada sobre cada regra. No momento, os valores iniciais foram arbitrariamente escolhidos como 100%, 70% e 75% para as regras de separação, alinhamento e coesão, respectivamente. Talvez outros valores, juntamente com a utilização de ângulo de visão variável, podem vir a causar efeitos distintos, como a formação em V.

Referências

- Flanagan, D. (2006). *JavaScript: The Definitive Guide*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, USA.
- Heppner, F. H., Convissar, J. L., Moonan, D. E., and Anderson, J. G. T. (1985). Visual Angle and Formation Flight in Canada Geese (*Branta canadensis*). *The Auk*, 102(1):193–195.
- Reynolds, C. W. (1987). Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model. In *Proceedings of the Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, SIGGRAPH '87, pages 25–34, New York, NY, USA. ACM.
- Reynolds, C. W. (1999). Steering Behaviors For Autonomous Characters. In *Proceedings of Game Developers Conference*, pages 763–782, San Francisco, CA, USA. Miller Freeman Game Group.
- Reynolds, C. W. (2006). Big fast crowds on PS3. In *Proceedings of the Symposium on Videogames*, Sandbox '06, pages 113–121, New York, NY, USA. ACM.
- Zhou, B. and Zhou, S. (2004). Parallel Simulation of Group Behaviors. In *Proceedings of the Conference on Winter Simulation*, WSC '04, pages 364–370. Winter Simulation Conference.