Motor de jogos e Física

Simulação e colisão física

Slides por:
Gustavo Ferreira Ceccon (gustavo.ceccon@usp.br)

Este material é uma criação do
Time de Ensino de Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos (TEDJE)
Filiado ao grupo de cultura e extensão Fellowship of the Game (FoG), vinculado ao ICMC - USP

Objetivos

- Introduzir física e a matemática de um motor de jogos
- Mostrar o processo da simulação física
  - Simulação e métodos de integração
  - Broadphase, Midphase e Narrowphase
  - Colisão e organização dos dados
- Não serão abordados todos algoritmos nessa aula

Índice

1. Introdução

1. Introdução

- Física no mundo real
  - Contínua, não há saltos de tempo
  - Contato, os objetos se tocam e não intersectam
- Física no mundo virtual
  - Discreta, a cada frame passa um dt
  - Intersecção, os objetos podem ocupar mesmo espaço

1. Introdução

- Física 2D
  - Colisores: quadrados, círculos
  - Transformações
    - R^2
    - Rotação com um grau de liberdade
- Física 3D
  - Colisores: cubos, esferas
  - Transformações
    - R^3
    - Rotação com três graus de liberdade

3. Simulação

- Tipos de objetos
  - Dinâmico com colisão: Mario
  - Dinâmico sem colisão: Moeda
  - Estático com colisão: Blocos
  - Estático sem colisão: Fundo

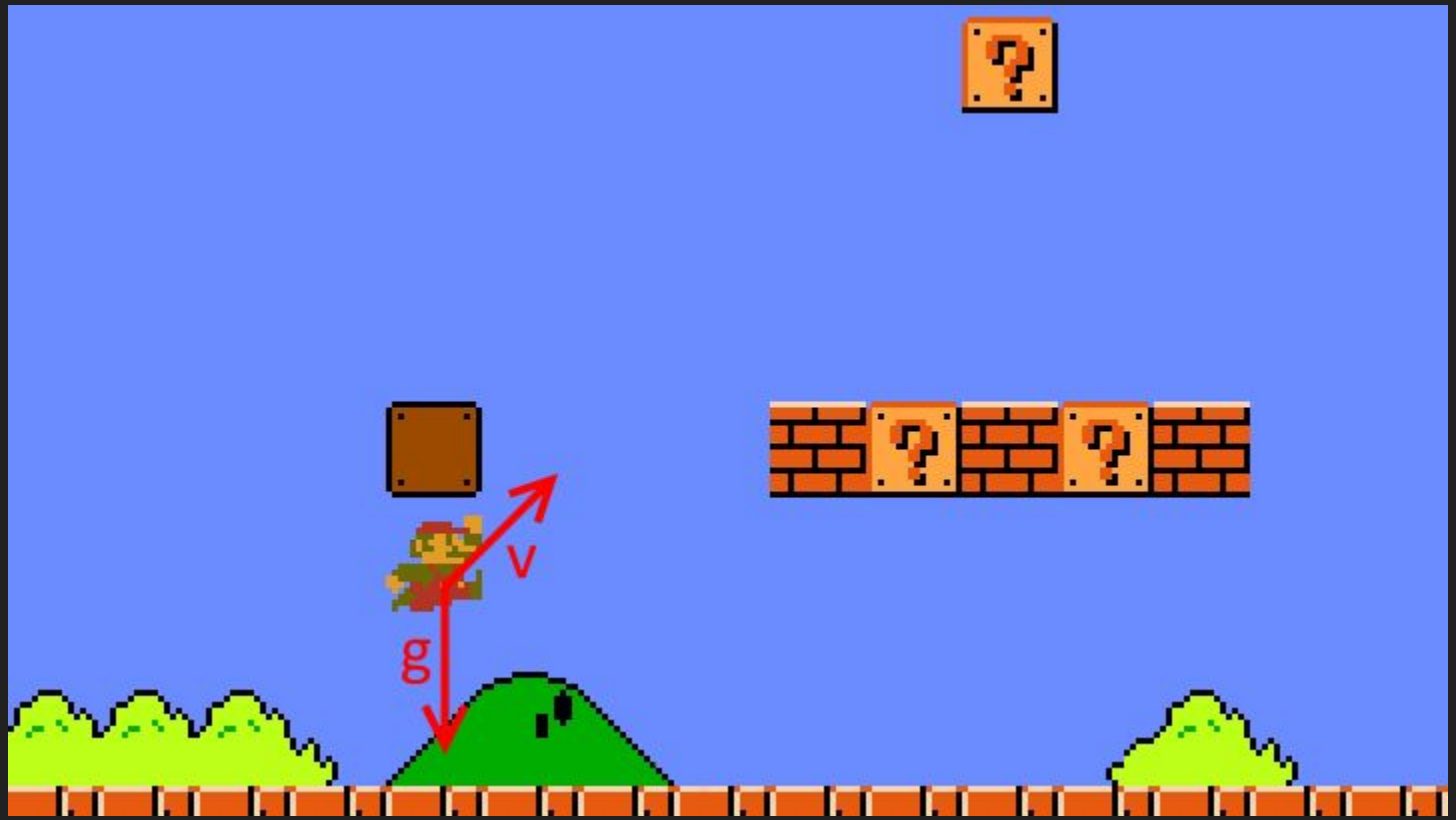
2. Etapas

2. Etapas

- Etapas do motor de física
  - Simulação
  - Detecção de Colisão
  - Resposta

2. Etapas

Simulação



Simulação

Detecção de Colisão

Resposta

Resposta

3. Simulação

3. Simulação

- Aplicar física newtoniana, que é suficiente para velocidades baixas
  - Aplicamos as forças para descobrir as acelerações
  - Aplicamos aceleração para descobrir a velocidade
  - Aplicamos a velocidade para descobrir a posição

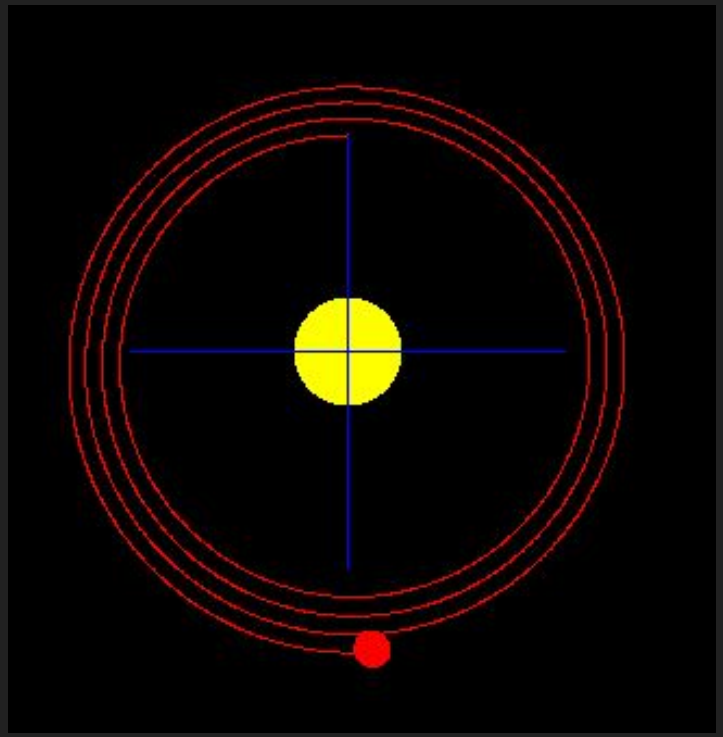
3. Simulação

- Não conseguimos aplicar as equações de ensino médio, porém elas são parecidas
  - Forças não são constantes, mundo discreto
- É preciso usar integrais para fazer os cálculos
  - Cálculo numérico aprendemos alguns métodos de integração, que são bem parecidos com esses

3. Simulação

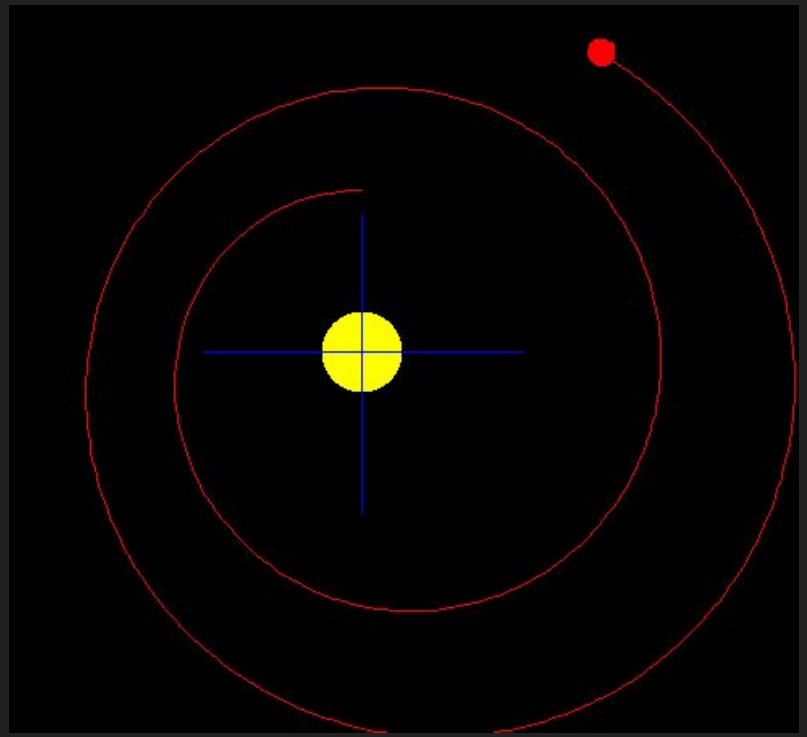
- Integração numérica é aproximar um valor de uma integral usando métodos computacionais (passos)
  - Diferentes métodos para diferentes tipos físicos
  - Euler e *Semi-Implicit* Euler (parecidos com ensino médio)
  - Verlet e *Time-Corrected* Verlet (pulam uma etapa)
  - Runge-Kutta 4ª ordem (mais acurado)

3. Simulação



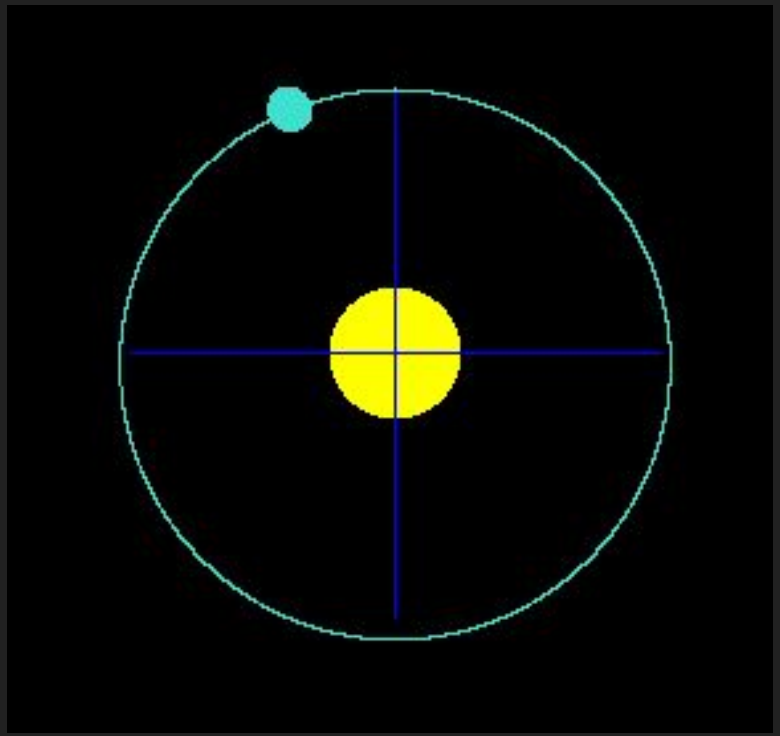
Euler 10 UPS

3. Simulação



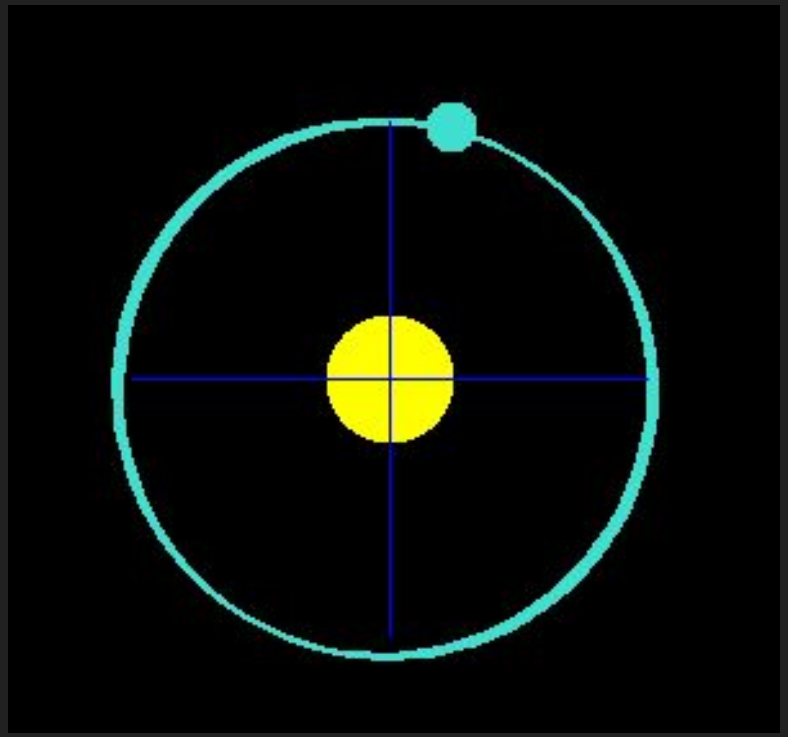
Euler 1 UPS

3. Simulação



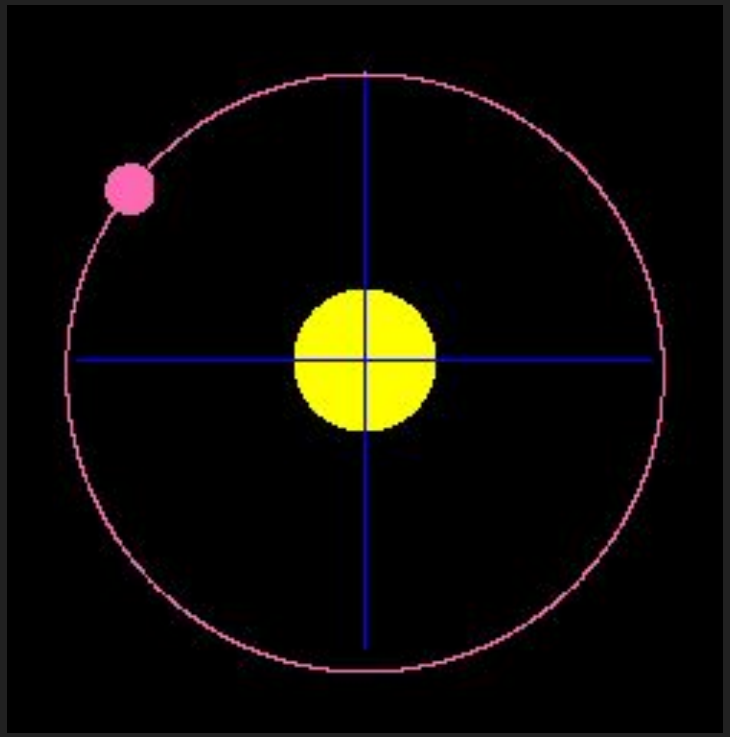
Verlet 10 UPS

3. Simulação



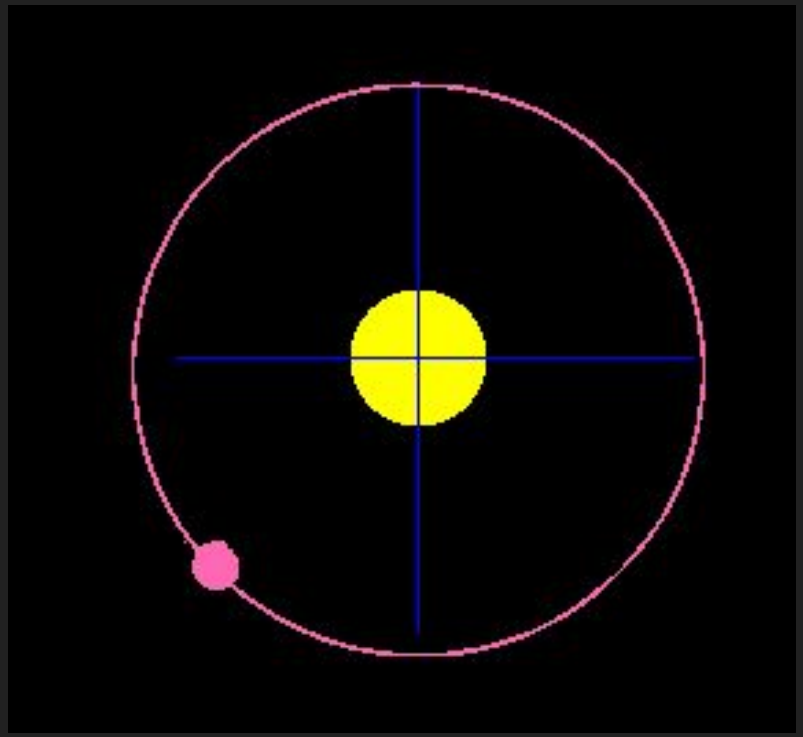
Verlet 1 UPS

3. Simulação



RK4 10 UPS

3. Simulação

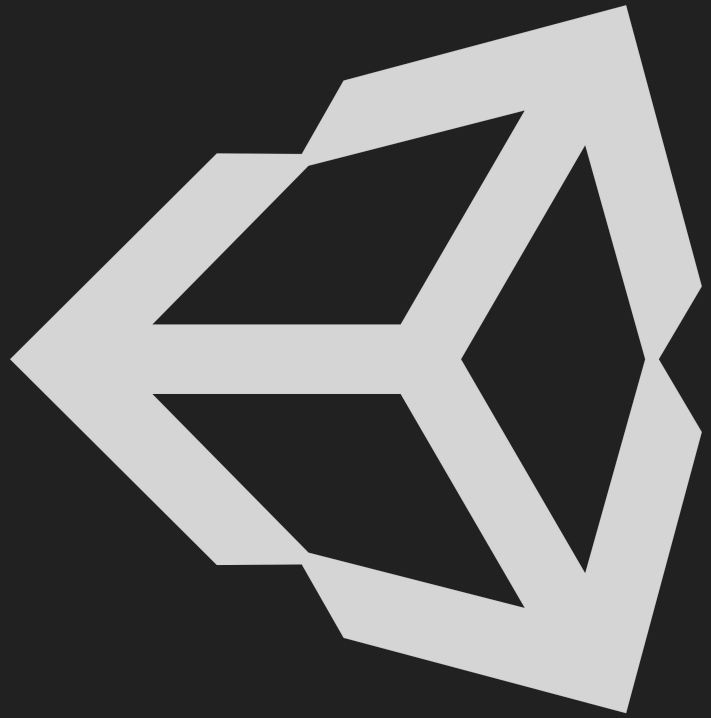


RK4 1 UPS

3. Simulação

- Problemas possíveis
  - Forças variáveis
  - dt variável
- Problemas causam inconsistência na física
- Quanto maior a ordem do método, melhor a aproximação, porém maior custo computacional

UNITY TIME !!!! - Cubo/Rigidbody



4. Colisores

4. Colisores

- Sprite 2D - pixel-level
- Malha 3D - triângulos
- Formas primitivas
  - AABB - Axis Aligned Bounding Box
- Formas côncavas e convexas
- Raycast

4. Colisores

Exemplo

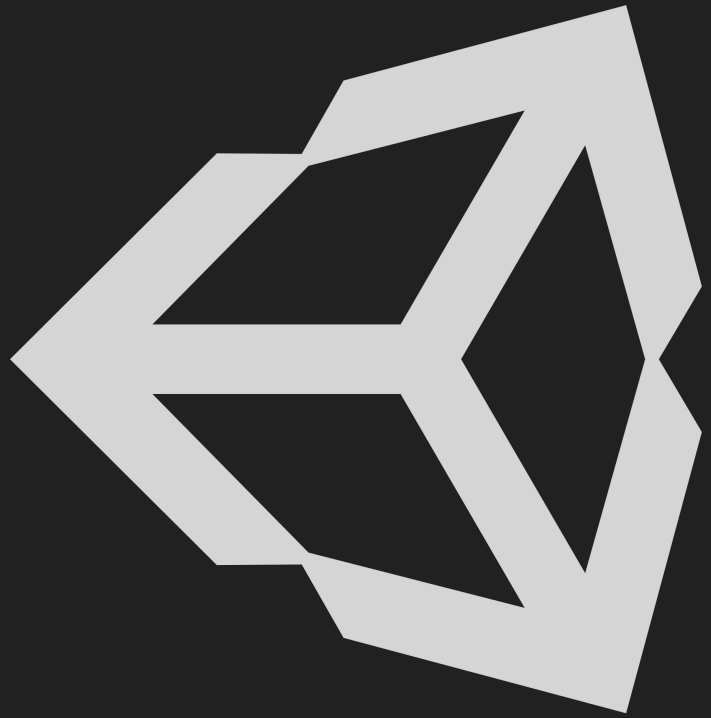
4. Colisores

- Formas côncavas
  - Não funciona com os algoritmos usados
- Dividir em formas convexas
  - Côncavo para convexo
  - Decomposição e triangulação
  - Convex hull

4. Colisores

- Raycast
  - Raio de colisão
  - Útil em aproximação de objetos rápidos
    - Projétil
  - Muito pesado normalmente
  - Pode testar até o primeiro alvo ou todos os objetos

UNITY TIME !!!! - Colisores/Matrix



5. Colisão

5. Colisão

- Precisamos testar a colisão de **n** objetos
  - Força bruta demoraria O(**n**²) para testar a colisão entre si todos os objetos
  - Precisamos diminuir o número de testes, além disso precisamos coletar as informações das colisões

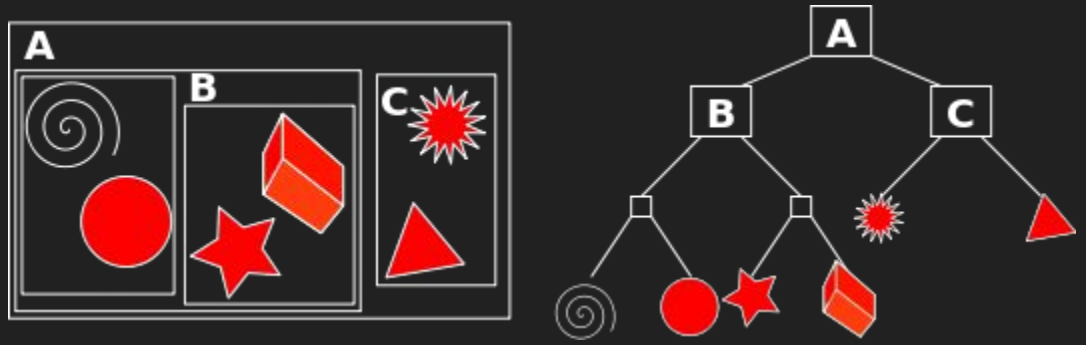
5. Colisão

- Dividimos em três etapas a colisão
- Broad-phase
  - Separação brusca dos objetos impossíveis de colidir
- Mid-phase
  - Teste rápido de colisão entre objetos, usando colisores simples
- Narrow-phase
  - Teste preciso de colisão entre objetos, usando diferentes tipos de colisores (compostos) e algoritmos de colisão

5. Colisão

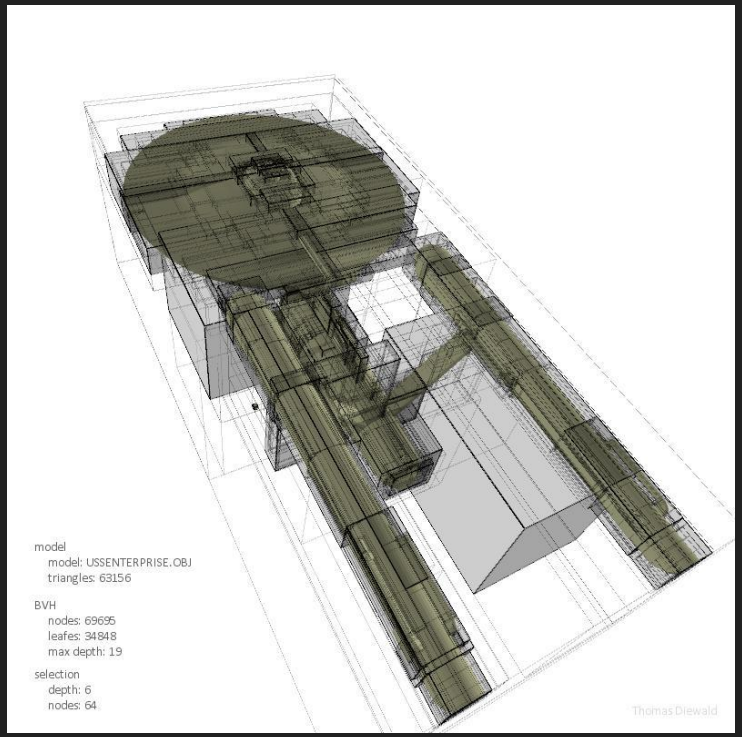
- BVH - Bounding Volume Hierarchy
  - Árvore de colisores de bounding volumes (como uma caixa ou uma esfera)
  - Nós são colisores aproximados de todos os colisores filhos
  - Quanto mais alta hierarquia, pior a aproximação
  - Usados tanto para teste quanto para representação

5. Colisão



Bounding Volume Hierarchy

5. Colisão



Bounding Volume Hierarchy

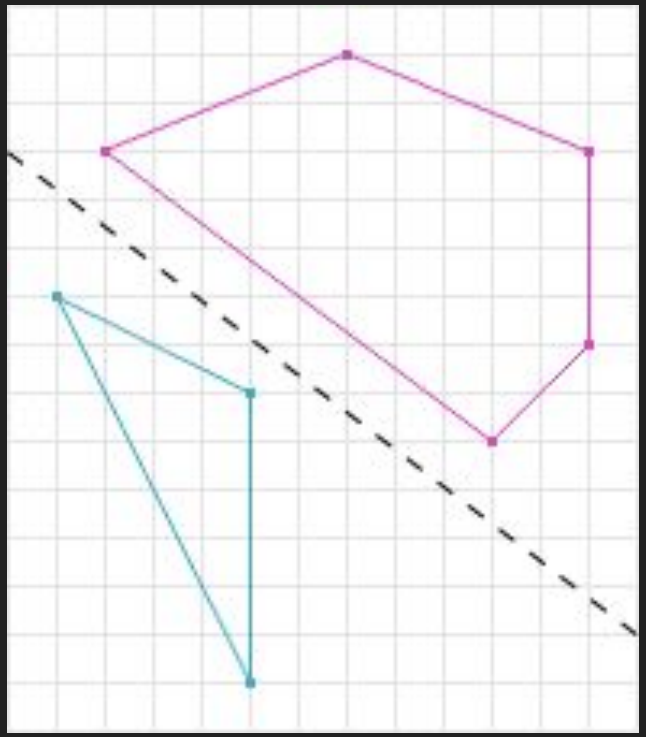
5. Colisão

- BVH - Bounding Volume Hierarchy
  - Estática: usada geralmente em um objeto para subdividir os colisores
  - Dinâmica: usada em múltiplos objetos (geralmente dinâmicos), calculada em tempo de execução
    - São pesadas para calcular todo frame

5. Tipos de Colisão

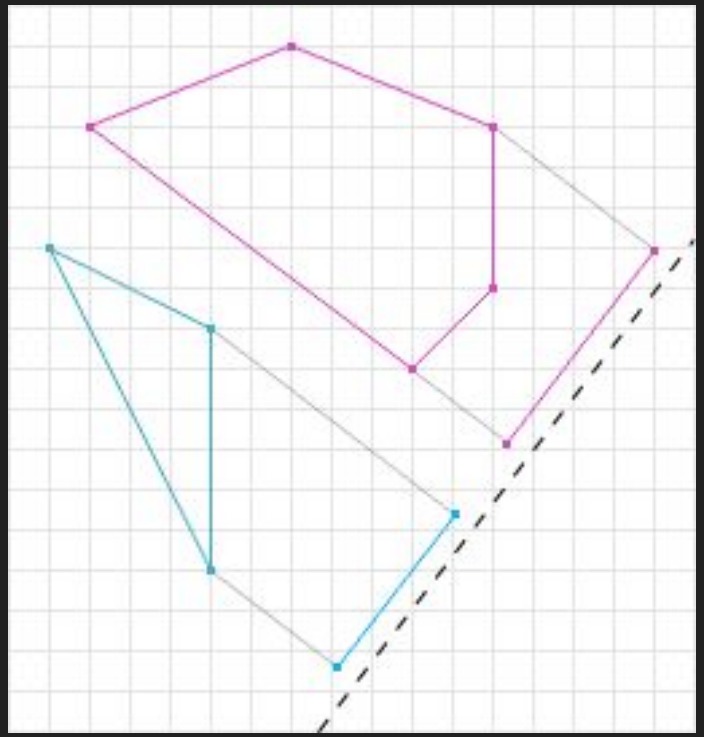
- SAT - Separating Axis Theorem
  - A ideia é testar a colisão em diferentes eixos dos objetos, projetando eles em uma reta ou em um plano
  - Algumas bibliotecas de física 2D (Box2D) implementam o SAT e deixam o usuário escolher qual algoritmo usar
  - Complexidade aumenta com a quantidade de vértices

5. Tipos de Colisão



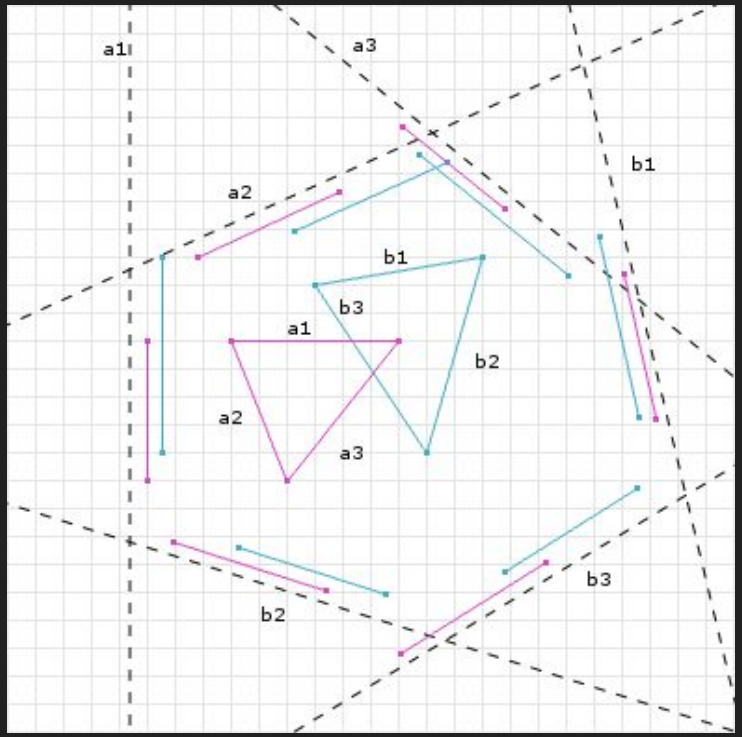
SAT - *Separating Axis Theorem*

5. Tipos de Colisão



SAT - *Separating Axis Theorem*

5. Tipos de Colisão

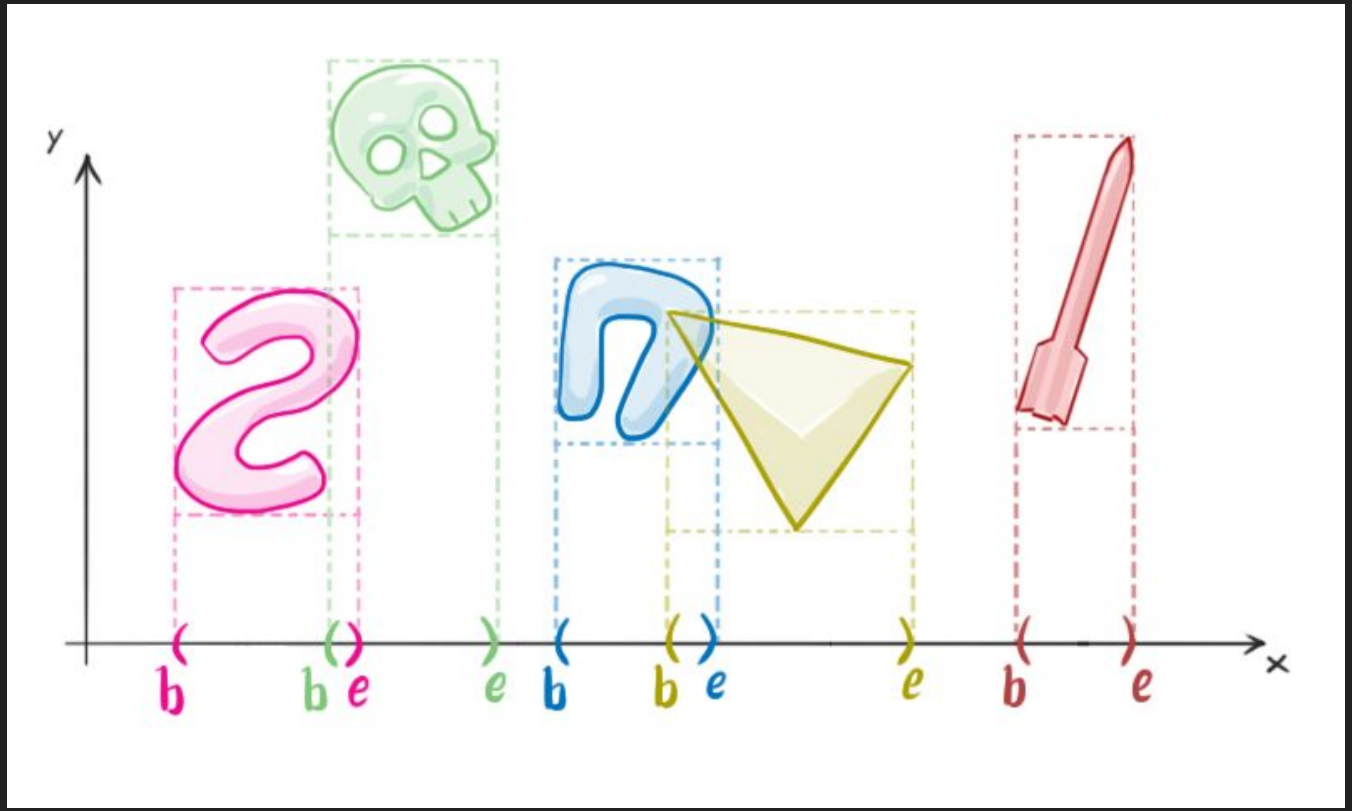


SAT - *Separating Axis Theorem*

5. Tipos de Colisão

- Sweep and Prune (SAP)
  - A ideia é ordenar os objetos num eixo e fazer pares de possíveis colisões
    - Só pegamos o máximo e o mínimo do colisor
  - Em 2D temos eixos X ou Y
  - Em 3D temos planos X, Y ou Z

5. Tipos de Colisão



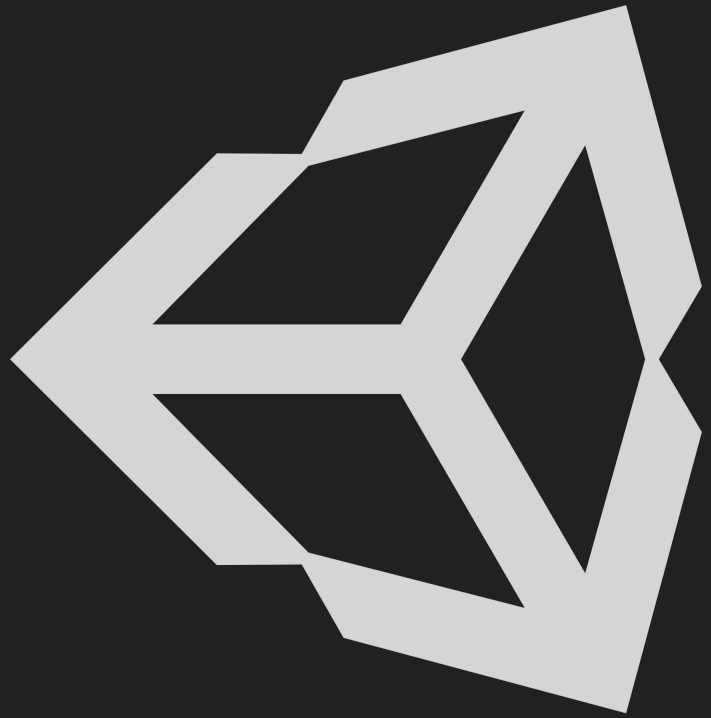
5. Tipos de Colisão

- Sweep and Prune
  - É preciso ordenar a lista quando atualizar as colisões, então entra a complexidade de computação e memória
  - Um eixo pode ter muitas possíveis colisões e no outro eixo não, por exemplo, Mário
  - Calcular o mínimo e o máximo do colisor pode ser difícil, como malhas 3D

5. Tipos de Colisão

Colisores na Unity

UNITY TIME !!!! - Settings/Colisão/Raycast

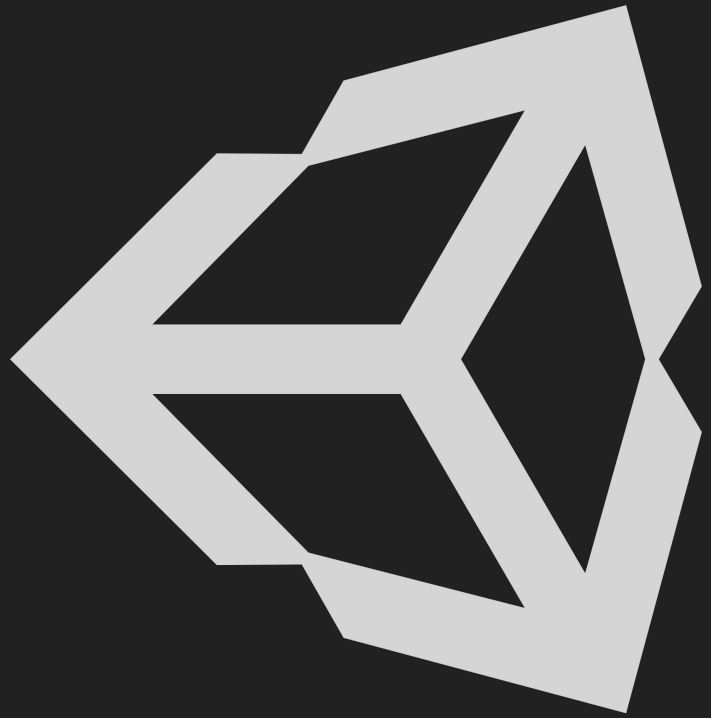


6. Colisão Contínua

6. Colisão Contínua

- ➔ Objetos muito rápidos podem quebrar a física, por exemplo projéteis
  - ◆ Detectando colisões de objetos rápidos
    - Múltiplas iterações (tempo entre o dt)
    - Estender o colisor para interceptar os objetos entre os tempos
  - ◆ Precisamos determinando tempo de impacto para resolver a física, muitas vezes desnecessário, por exemplo num projétil

UNITY TIME !!!! - Colisão Contínua



Dúvidas?

Referências

Referências

[1]http://www.dyn4j.org/
[2]http://allenchou.net/game-physics-series/
[3]http://codeflow.org/entries/2010/aug/28/integration-by-example-euler-vs-verlet-vs-runge-kutta/
[4]https://benjaminhorn.io/code/pixel-accurate-collision-detection-with-javascript-and-canvas/
[5]www.jeffreythompson.org/collision-detection/table_of_contents.php
[6]https://www.toptal.com/game/video-game-physics-part-ii-collision-detection-for-solid-objects
[7]https://research.ncl.ac.uk/game/mastersdegree/gametechnologies/physics8collisionmanifolds/Tutorial%208%20-%20Collision%20Manifolds.pdf
[8]http://judis.me/wordpress/sequential-impulse-solver/
[9]http://box2d.org/
[10]http://thomasdiewald.com/blog/?p=1488
[11]https://en.wikipedia.org/wiki/Binary_space_partitioning
[12]http://www.gdcvault.com/play/1020583/Animation-Bootcamp-An-Indie-Approach
[13] (The Morgan Kaufmann Series in Interactive 3-D Technology) Christer Ericson-Real-Time Collision Detection-Morgan Kaufmann (2005)