

**Objectivo:** Explorar o modelo relacional-estendido no suporte à manipulação de informação descrita através de estruturas complexas. Aprofundar os aspectos de modelação e de utilização de extensões espaciais. Utilização do sistema de gestão de base de dados PostgreSQL e sua extensão PostGIS. Utilização de uma ferramenta (e.g., Quantum GIS ou uDig) para representação em camadas (“layers”) de informação espacial. Conhecer a relação entre os dados complexos e os mecanismos para a sua visualização. Explorar formas de recuperar informação (e.g., via SQL) que contenha dados alfanuméricos e de estrutura complexa.

## Problema:

Consideremos, como inspiração, o conceito de “realidade aumentada” (*augmented reality*) onde entidades do mundo real coexistem com entidades virtuais. Esta coexistência projeta-se num novo espaço virtual complementado pela realidade. Vamos focar-nos num “espaço virtual” (2D) caracterizado pela existência de vários tipos de terreno e de vários objetos móveis que se deslocam nesses terrenos.

**Terrenos, rios e objetos móveis.** Cada tipo de terreno, para além de um nome (único) tem também o efeito de alterar a velocidade (linear) dos objetos que sobre ele se deslocam. Assim que um objeto entra num terreno a sua velocidade é afectada, num valor percentual (e.g.,  $\pm 0\%$  a  $100\%$ ), e o efeito permanece enquanto o objeto estiver nesse terreno. Notar que a alteração da velocidade é o “aspecto visível” pois a alteração na velocidade resulta da variação sobre a aceleração. Um terreno, de determinado tipo, pode interseccionar terrenos de outros tipos. Por exemplo, um terreno do tipo floresta pode conter um terreno do tipo pântano; note-se que o mesmo pântano pode cruzar várias florestas. Assume-se que o terreno que inclui todos os restantes não precisa de estar explicitamente representado e não afecta a mobilidade dos objetos. Note-se que há uma hierarquia de inclusão entre terrenos (e.g., a floresta inclui pântanos e possivelmente não o inverso) pelo que um objeto é afectado pelo tipo de terreno que estiver no nível de maior profundidade da hierarquia de terrenos que o contém. Para além de terrenos existem também rios que têm precisamente o mesmo efeito sobre os objetos que sobre ele se deslocam. No entanto, nem todos os objetos são afectados do mesmo modo pelos terrenos (ou rios). Existem tipos diferentes de objetos móveis pelo que a redução (percentual) da velocidade depende do tipo de terreno (e.g., uma floresta não reduz tanto como um pântano).

**Objetos móveis.** Cada objeto móvel é um ponto geográfico que representa, na perspectiva do movimento, todo o objeto. O objeto tem também uma orientação (ângulo, medido em graus ou radianos), uma velocidade e aceleração linear (com componentes  $x$  e  $y$ ), e uma velocidade e aceleração angular. Admitindo que “g\_posicao” representa a posição geográfica do objeto, “orientacao” a sua orientação, “velocidade.linear” um vector com as componentes ( $x$  e  $y$ ) da velocidade, “velocidade.angular” a velocidade angular do objeto e “tempo” um instante de tempo, podemos descrever o processo de actualização destas variáveis que descrevem o movimento (cinemática) do seguinte modo:

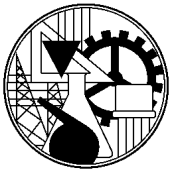
- $g\_posicao := g\_posicao + velocidade.linear * tempo$
- $orientacao := orientacao + velocidade.angular * tempo$
- $velocidade.linear := velocidade.linear + aceleracao.linear * tempo$
- $velocidade.angular := velocidade.angular + aceleracao.angular * tempo$
- a aceleração (linear e angular) pode ser constante ou ser calculada para: a) simular uma perseguição, ou b) simular uma interação, do tipo “jogo”, com o utilizador (onde o utilizador controla o movimento).

Considera-se que cada objeto móvel representa o centróide de um componente geométrica que lhe “dá corpo”. Ou seja, associado a cada objeto móvel existe uma “figura geométrica” que define o aspecto visual do objeto móvel. Todos os movimentos devem ser mantidos em histórico para permitir visualizar (e.g., com QuantumGIS) as trajetórias dos vários objetos móveis ao longo do tempo.



### Objectivos base:

1. Desenhar o modelo conceptual usando a notação do entidade-associação estendido com pictogramas espaciais (EA-EPE) que descreve o problema acima enunciado.
2. Implementar o EA-EPE com o modelo relacional-estendido e a extensão espacial (e.g., usando PostGIS).
3. Implementar, diretamente na base de dados, o comportamento dos objetos móveis e das correspondentes figuras geométricas.
4. Construir uma base de dados com (pelo menos) 2 tipos de terreno e (pelo menos) 2 terrenos de cada tipo e com (pelo menos) 2 objetos móveis com as respectivas figuras geométricas. Registrar, na base de dados, o trajeto dos 2 objetos móveis e das respectivas figuras geométricas. Mostrar o efeito, sobre a velocidade (via alteração da aceleração), da passagem, dos objetos, em terrenos e rios.
5. Garantir que os objetos móveis têm uma velocidade máxima e uma aceleração máxima que nunca são excedidos. Esses valores máximos estão registados na base de dados e qualquer trajetória garante sempre estas restrições de valores máximos (para velocidade e aceleração).
6. Considerar que um objeto móvel pode perseguir outro mantendo registo dessa informação (sobre “quem persegue quem”) na base de dados (notar que o modelo EA-EPE tem que representar este requisito). Construir trajetória de perseguição na qual se pode admitir, para o perseguidor, a seguinte formulação:
  - $aceleracao := \text{normalizar}(alvo.g\_posicao - perseguidor.g\_posicao) * boost$   
onde “alvo” representa o objeto a ser perseguido, “perseguidor” o objeto que persegue e “boost” o incremento que se pretende imprimir à aceleração (que pode ser positivo ou negativo). Note que o objeto que é perseguido (i.e., o alvo) não “foge” do perseguidor (é “como se não soubesse que é perseguido”).



## Objectivos mais ambiciosos:

7. Considerar um cenário de perseguição e fuga. Registrar na base de dados “quem persegue e quem foge” e estenda o modelo de simulação (na base de dados) de modo construir trajetórias com este cenário. Notar que a formulação do objeto que foge (i.e., o alvo) pode escrever-se como:
  - $aceleracao := - \text{normalizar}( \text{alvo.g\_posicao} - \text{perseguidor.g\_posicao} ) * \text{boost}$   
ou seja o “alvo” (objeto que foge) afasta-se na medida (simétrica) da aproximação do perseguidor; o “boost” pode ajustar-se para dar vantagem ao perseguidor ou ao alvo. Note que agora o objeto que é perseguido (i.e., o alvo) já “foge” do perseguidor (é “como se soubesse que é perseguido”).
8. Permitir que diversos objetos móveis persigam simultaneamente um outro objeto (mas cada perseguidor apenas tem um alvo). O alvo pode, por exemplo, fugir em cada instante de quem lhe estiver mais próximo.
9. Alinhar a orientação de cada figura geométrica com a direcção do movimento. *Sugestão:* em cada instante considerar a nova orientação, do objeto, dada por `atan2( velocidade.linear.x, - velocidade.linear.y )`.
10. Construir uma interface que permita alterar em cada instante de tempo os valores da aceleração dos vários objetos móveis. Numa versão mais elaborada essa interface pode posicionar o cursor do rato sobre o botão de “Refresh” do QuantumGIS e enviar evento de “click” em cada instante de tempo e assim usar o QuantumGIS para ir fazendo, de modo automático, a apresentação da evolução da cena de perseguição. *Sugestão:* para controlar posição do cursor e enviar eventos para outras aplicações use `“java.awt.Robot”`.

## Algumas sugestões:

- Pode considerar que o espaço onde os objetos existem tem um formato “tipo toroidal”; isto simplifica o tratamento do movimento dos objetos pois o espaço deixa de estar limitado. Neste caso a próxima posição de um objeto deve “rodar” em cada uma das dimensões (e.g.,  $\text{nextX} := ( X + \text{deslocamentoEmX} ) \% \text{lengthX}$ , onde  $a \% b$  é o resto da divisão inteira de  $a$  por  $b$ ; ou função `mod(a,b)` no PostgreSQL).
- Pode considerar que uma perseguição termina assim que os objetos envolvidos distem, um do outro, um determinado valor predefinido e do qual se mantém registo na base de dados.
- Pode considerar que o objeto em fuga tem um movimento que segue uma rota predefinida; a rota pode ser representada por pontos marcados sobre os terrenos onde os objetos se movimentam.

**Implementação:** Construir “scripts” e executáveis de resposta às alíneas anteriores. O modelo final (constituído pelos “scripts” e restante código) deve permitir construir todo o modelo e diferentes trajetórias do modo automático. Integrar a base de dados com um visualizador de informação geográfica (e.g., Quantum GIS).

**Regras:** Entregar versão em papel do relatório de projeto, no máximo com 10 folhas; a primeira folha deve ter: título, nome da disciplina e curso, identificação do grupo, número e nome de cada elemento do grupo. Entregar: em formato electrónico (CSI\_SIGM\_XX.zip, XX é número do grupo) o relatório e todo o sistema implementado com “.exe”, “.java”, “.py” ou “script” (.bat) para construir o sistema.

**Prazo de entrega:** 03.jan.2023 (para realizar discussões antes do início da época de exames, i.e., até 10.jan)