



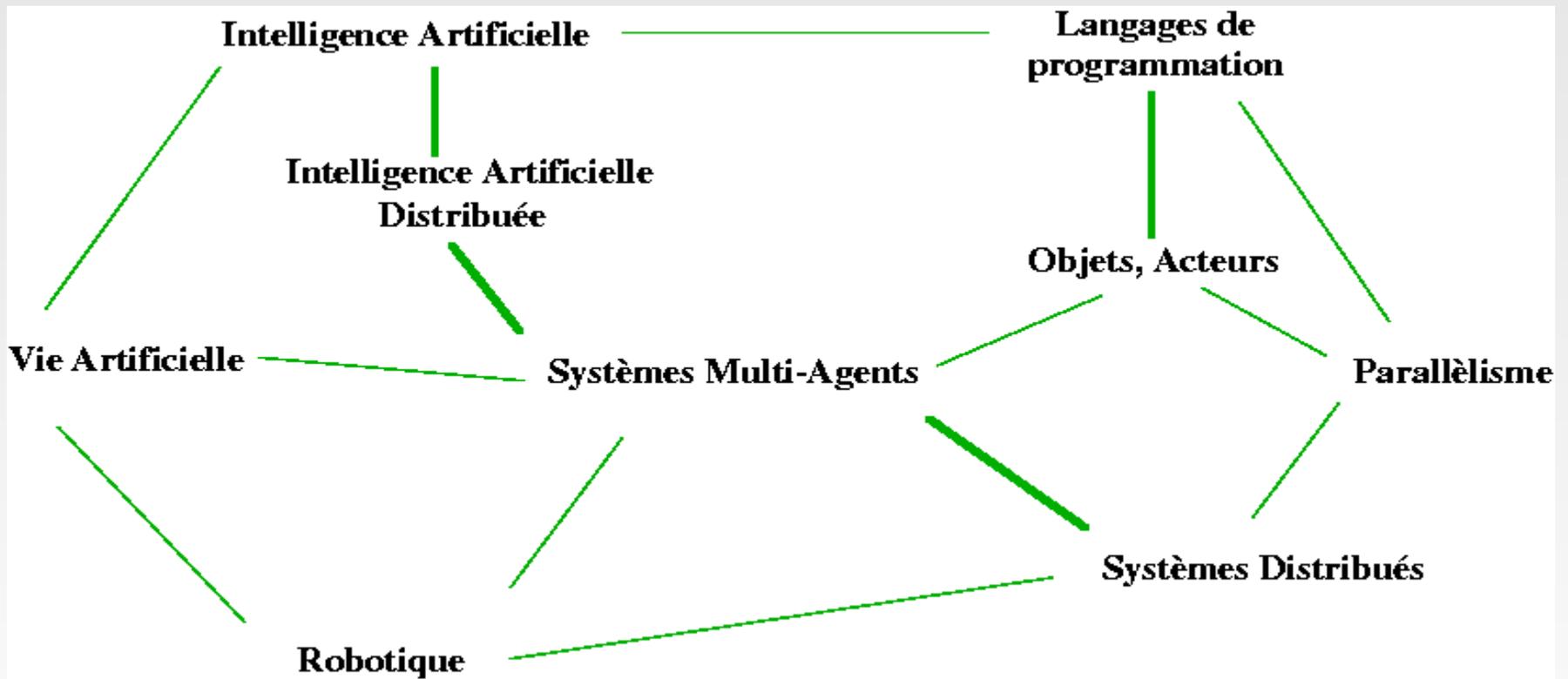
**Sistemas Multi-Agentes e gestão
de recursos renováveis :
*Introduzir Atores na Dimensão Espacial***

Pierre Bommel



XIII SBSR – Florianópolis, 21 – 26 de abril de 2007

SMA : Vínculos com outros temas de pesquisa

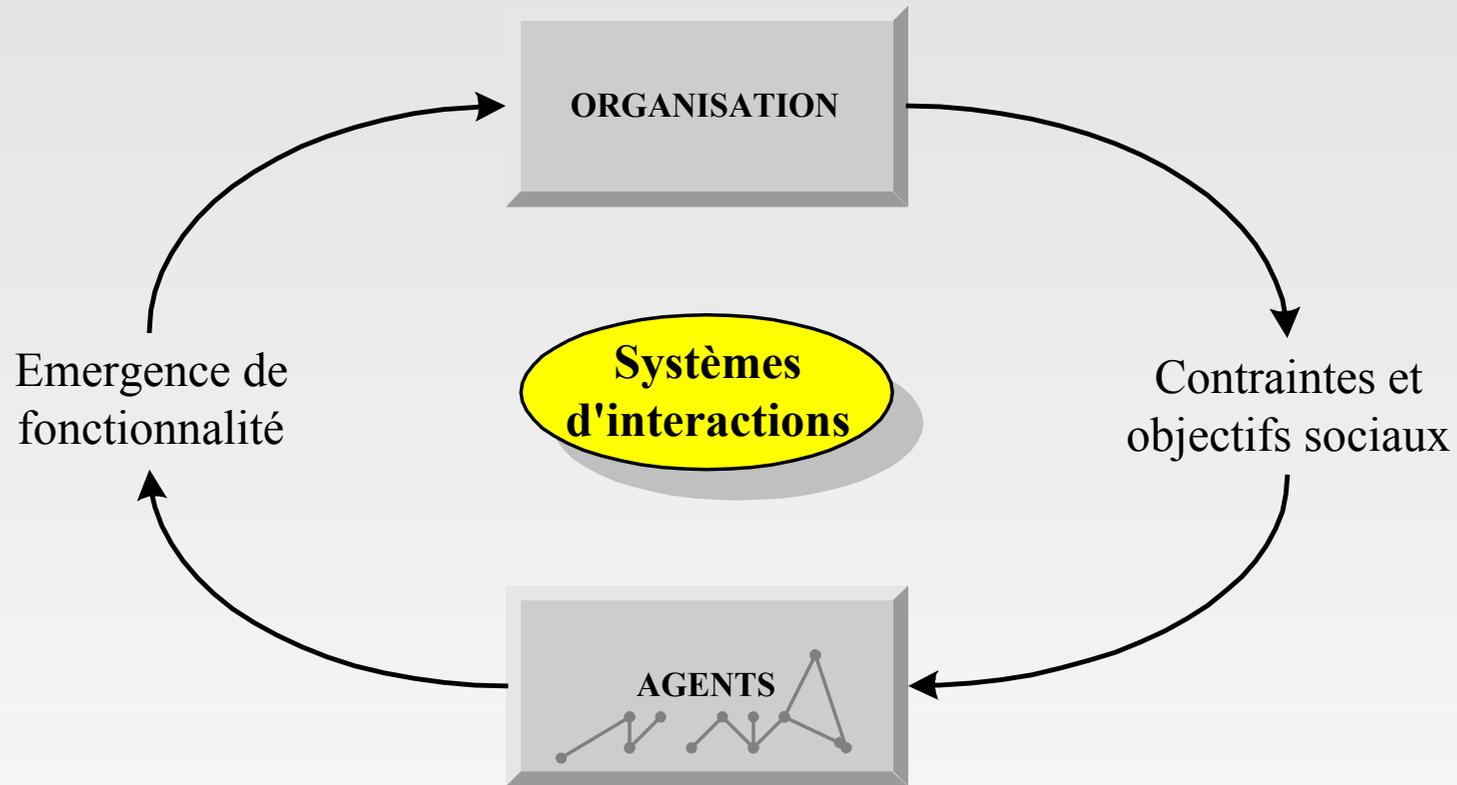


- ➔ Os SMA são voltados aos sistemas complexos onde entidades artificiais ou naturais interagem para produzir comportamentos coletivos.



A IAD postula que a inteligência, “emerge” das interações entre os agentes e o ambiente

A emergência dos fenômenos globais à partir das interações locais



➡ Um agente tem um **comportamento coletivo**, consequência de suas percepções, representações e interações com o ambiente e outros agentes [Ferber].

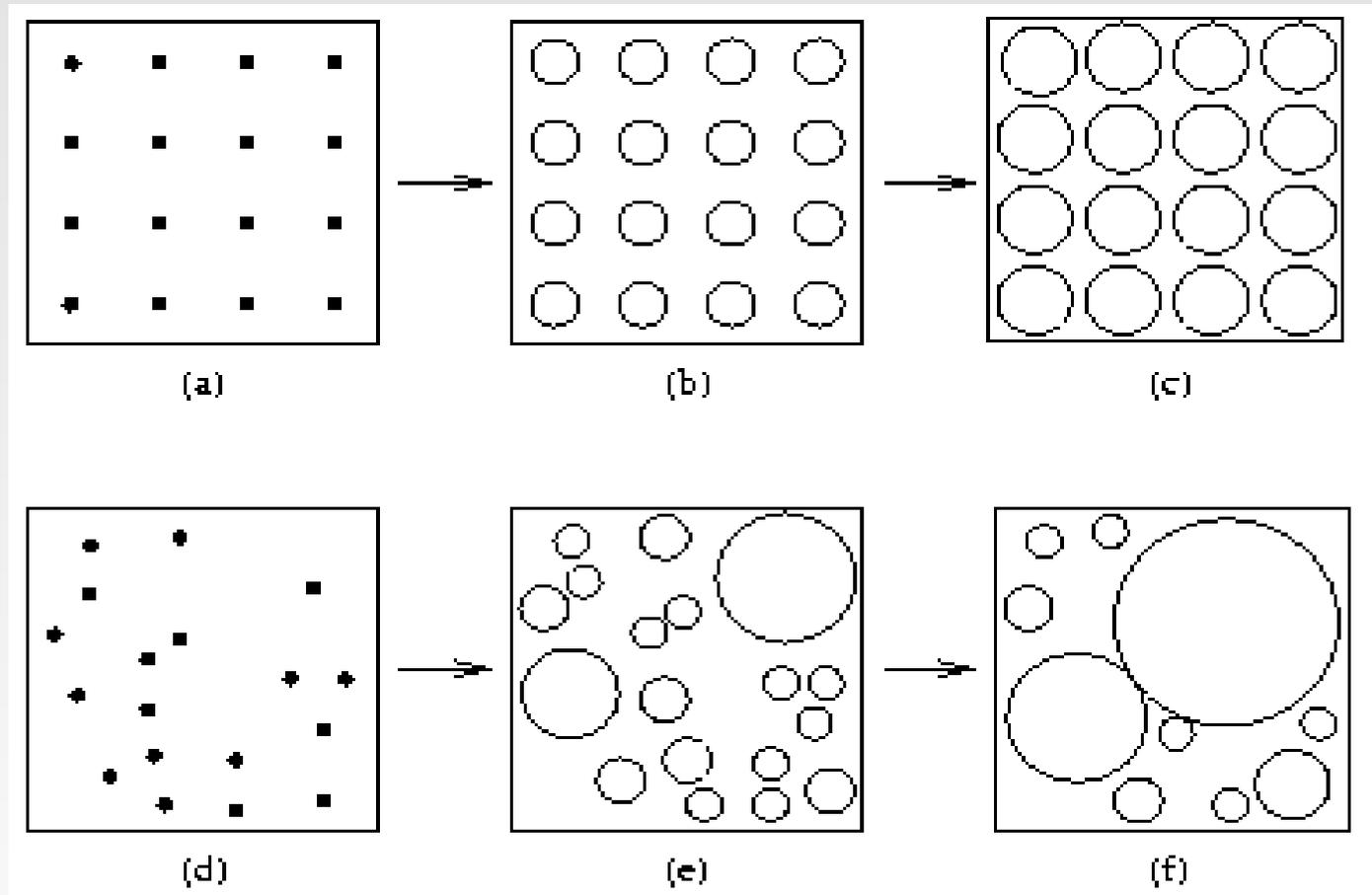
- ➔ O *agente* autônomo
- ➔ As interações agente-agente e agente-ambiente => *sistema multi-agentes*
- ➔ A *emergência* dos fenômenos globais à partir das interações locais
- ➔ O ambiente

Porquê considerar cada indivíduo ?

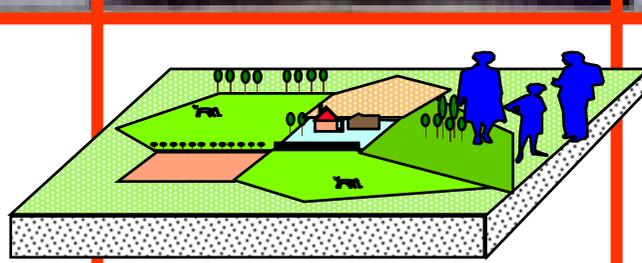
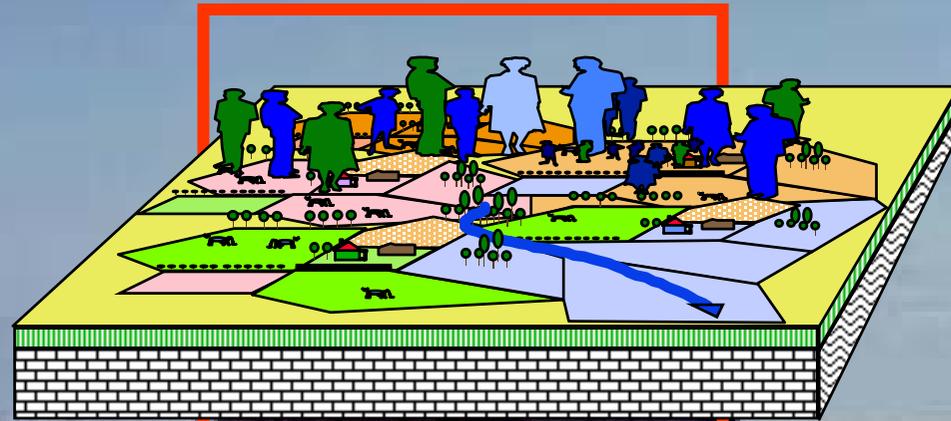
- ➔ Os modelos matemáticos supõem que os indivíduos são intercambiáveis:
 - Hipótese de intercambiamento de dois indivíduos tomados aleatoriamente dentro da população
- ➔ Princípio da localização das interações
 - Um organismo é principalmente afetado pelos organismos e condições ambientais que se encontram dentro de sua vizinhança espaço-temporal
- ➔ Princípio da unicidade de cada indivíduo
 - O comportamento de um indivíduo pode afetar as mudanças do sistema
 - A variabilidade inter-individual é o motor da evolução (Teoria da derivação genética)



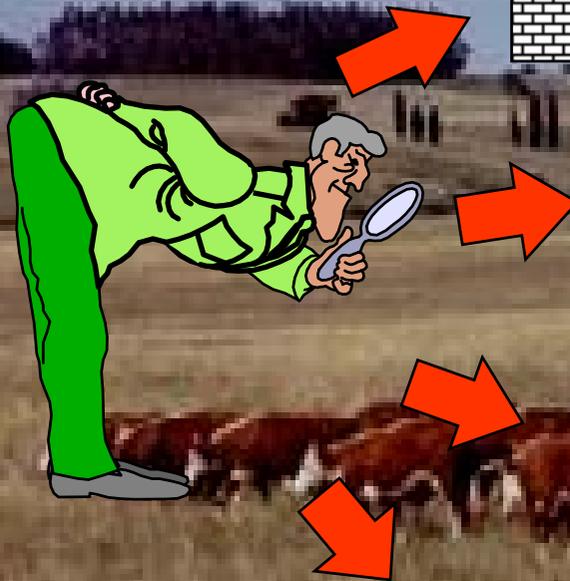
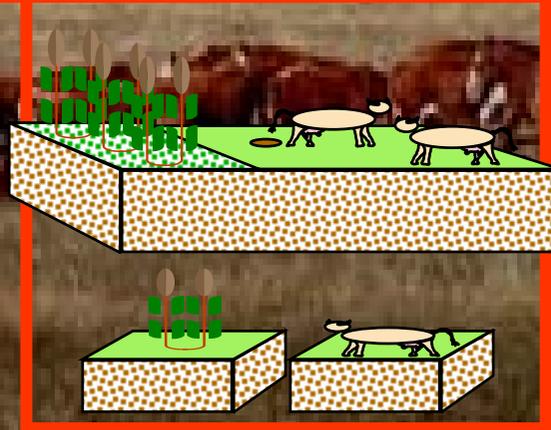
Um exemplo de ligação segundo as características de interação



The focal point



Farm family system



Abordagem dos sistemas complexos

➔ Abordagens :

- **Analítico**: elemento por elemento (economia neo-clássica, propriedade, indivíduo, etc.) ;
 - *Comportamento de um peixe*
- **Holístico** ou **sistêmico**: comportamento global do sistema (macro-economia, modelos com compartimentos, modelos estatísticos) ;
 - *Modelo de Schaeffer*
- **Construtivismo**: articulação entre os comportamentos individuais dos elementos (local) e o comportamento global do sistema (global).
 - *Reprodução com o vizinho => espacialização do modelo*
 - *Comportamento de reprodução => evolução da população*

Porque o construtivismo ?

- ➔ Os comportamentos individuais são conhecidos e nós queremos construir o comportamento global:
 - Engenharia social, ajuda para a negociação, simulação
- ➔ O comportamento global é conhecido e buscamos uma compreensão a partir dos comportamentos locais:
 - Articulação local-global, ajuda para a tomada de decisão
- ➔ Relevância para os ecossistemas e os sócio-sistemas
 - Descrição intuitiva em termo de objetos e de atores e não em termo de variáveis e equações
 - Desafio da complexidade: comportamento longe do equilíbrio



Simulação de sistemas complexos

- ➔ Abordagem multi-agente adaptada para a simulação de fenômenos "complexos",
 - *Comprender, pelo viés de "laboratórios virtuais", o impacto dos comportamentos individuais sobre os fenômenos coletivos nas situações em que não é possível medi-los de forma dedutiva ou analítica*
- ➔ Muito interessante em uma abordagem prospectiva,
 - *Validação de modelos de comportamentos individuais pela obtenção de dinâmicas coletivas similares àquelas dos fenômenos estudados*
- ➔ Adaptada à uma abordagem multi-nível
- ➔ Resta (evidentemente) o problema da validação,
 - *mas não mais que em qualquer outra abordagem por simulação!*



Hipóteses de trabalho

➡ Modelizações para:

- Articular os pontos de vista múltiplos;
- Articular os níveis múltiplos (do local ao global);
- Permitir as análises retrospectivas e prospectivas;
- Ser compreensível para os atores (para e pelos atores!).

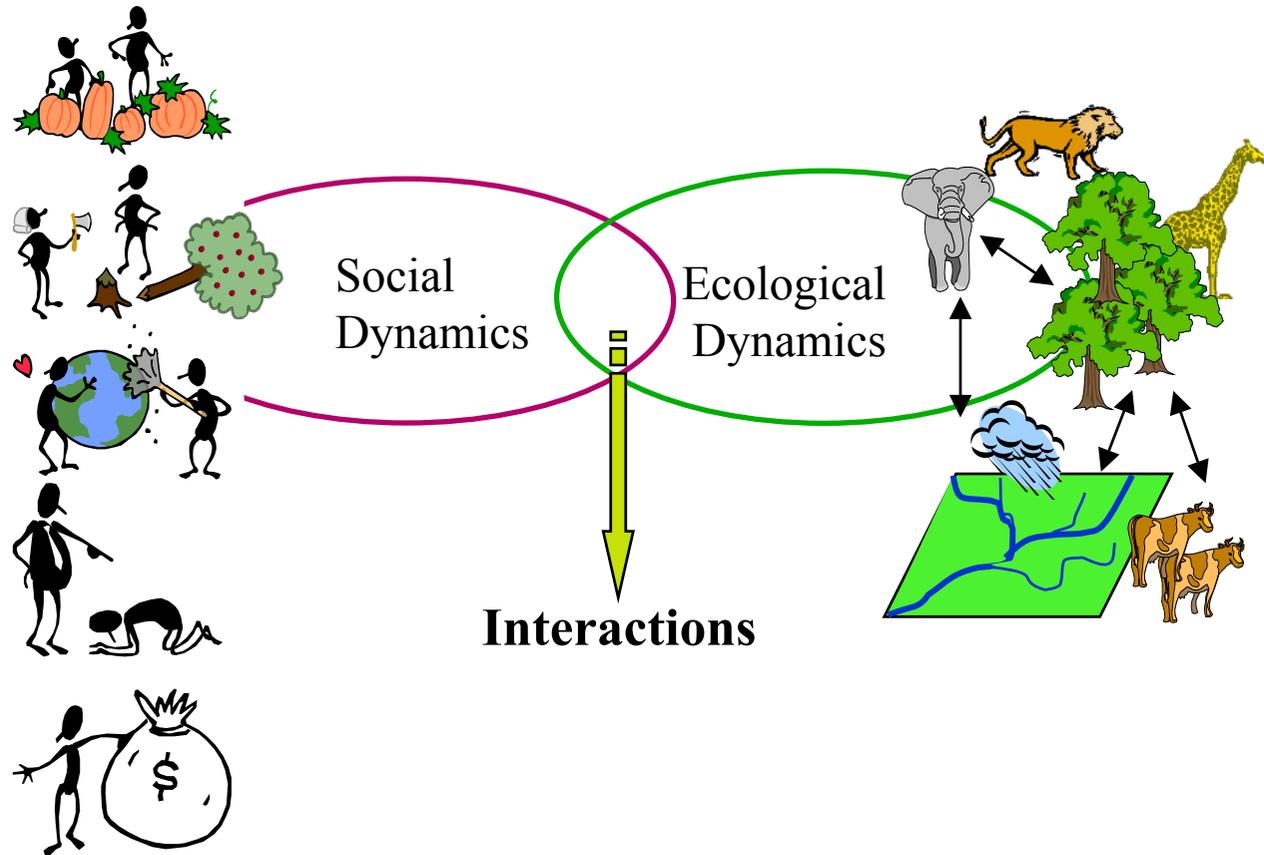
➡ Os processos individuais e coletivos de gestão de recursos comuns e ambientais estão baseados:

- Sobre as representações compartilhadas das interações entre os atores e o ecossistema.



Uma metodologia de uso da simulação multi-agente para a gestão dos recursos renováveis

- ➔ Compreender a co-adaptação entre a dinâmica dos recursos e a organização sócio-econômica
- ➔ CORMAS
<http://cormas.cirad.fr>



- ➔ Como utilizar estes modelos em projetos de desenvolvimento adaptativos?



ECEC

Evolução da cooperação em um contexto ecológico.

Um modelo teórico e simple

Pepper, J.W. and B.B. Smuts. 2000. "*The evolution of cooperation in an ecological context: an agent-based model*". Pp. 45-76 in T.A. Kohler and G.J. Gumerman, eds. *Dynamics of human and primate societies: agent-based modeling of social and spatial processes*. Oxford University Press, Oxford.



ECEC : Plantas

➔ O modelo contém dois tipos de entidades :

➤ Vegetação e ruminante

➔ Vegetação

➤ As plantas são criadas somente uma vez em um local dado fixo. Elas não se movem, nem se reproduzem, nem morrem.

➤ O único comportamento de uma planta é de crescer.

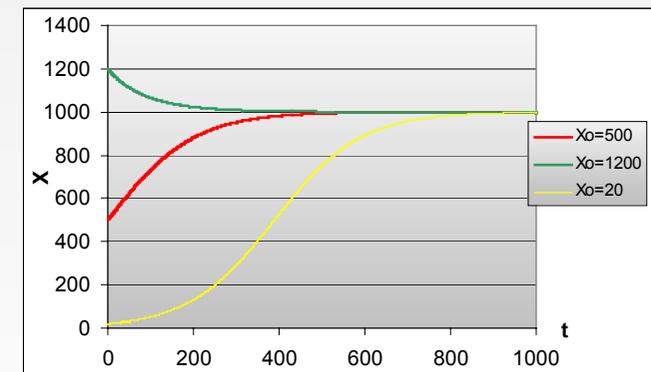
➤ As plantas mudam somente de estatura, que representa uma quantidade de energia: da alimentação para os ruminantes. A cada passo de tempo, este nível de energia aumenta segundo uma curva logística :

$$x_{t+1} = x_t + rx_t \left(1 - \frac{x_t}{K}\right)$$

Fator de crescimento

Taxa de Reprodução = 0.2

Capacidade de carga = 10



ECEC : As funções biológicas dos ruminantes

- Um ruminante **se alimenta** das plantas que ele encontra. Ele aumenta seu próprio nível de energia ao diminuir o da planta que ele consome.
- Os ruminantes **gastam a energia** em função de seu nível metabólico. Este nível é o mesmo para todos os ruminantes (fixado à 2 unidades de energia por período de tempo).
- Se seu nível de energia chega a zero, o ruminante **morre**.
- Existem 2 tipos de ruminantes que diferem somente sobre sua forma de se alimentar:
 - Quando um ruminante “**restrito**” come, ele capta somente 50% da energia da planta.
 - Um ruminante “**não-restrito**” capta 99% da planta. Este parâmetro é inferior à 100% para que a planta possa continuar a crescer ao invés de ser completamente destruída.



ECEC : As funções biológicas dos ruminantes (2)

- Quando o nível de energia de um ruminante atinge o limite de fertilidade (100 unidades de energia), ele **se reproduz** de forma assexuada:
 - ele cria um recém-nascido, que nasce herdando as suas características (ou seja, de sua estratégia de alimentação).
 - Ele deixa ao recém-nascido a metade de sua energia.
 - O recém-nascido é colocado sobre o local livre mais próximo de seu pai.

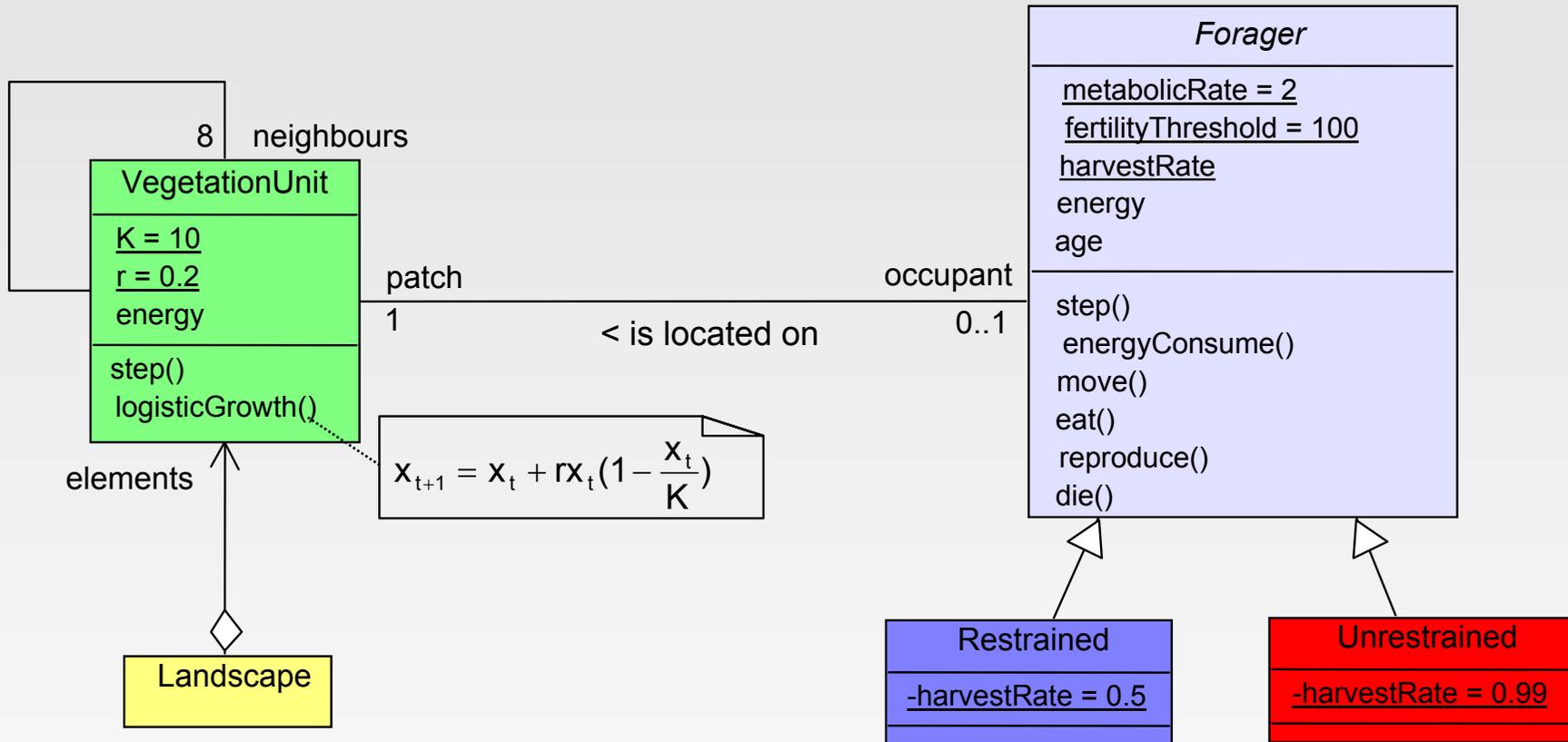


ECEC : Regras de deslocamento dos Ruminantes

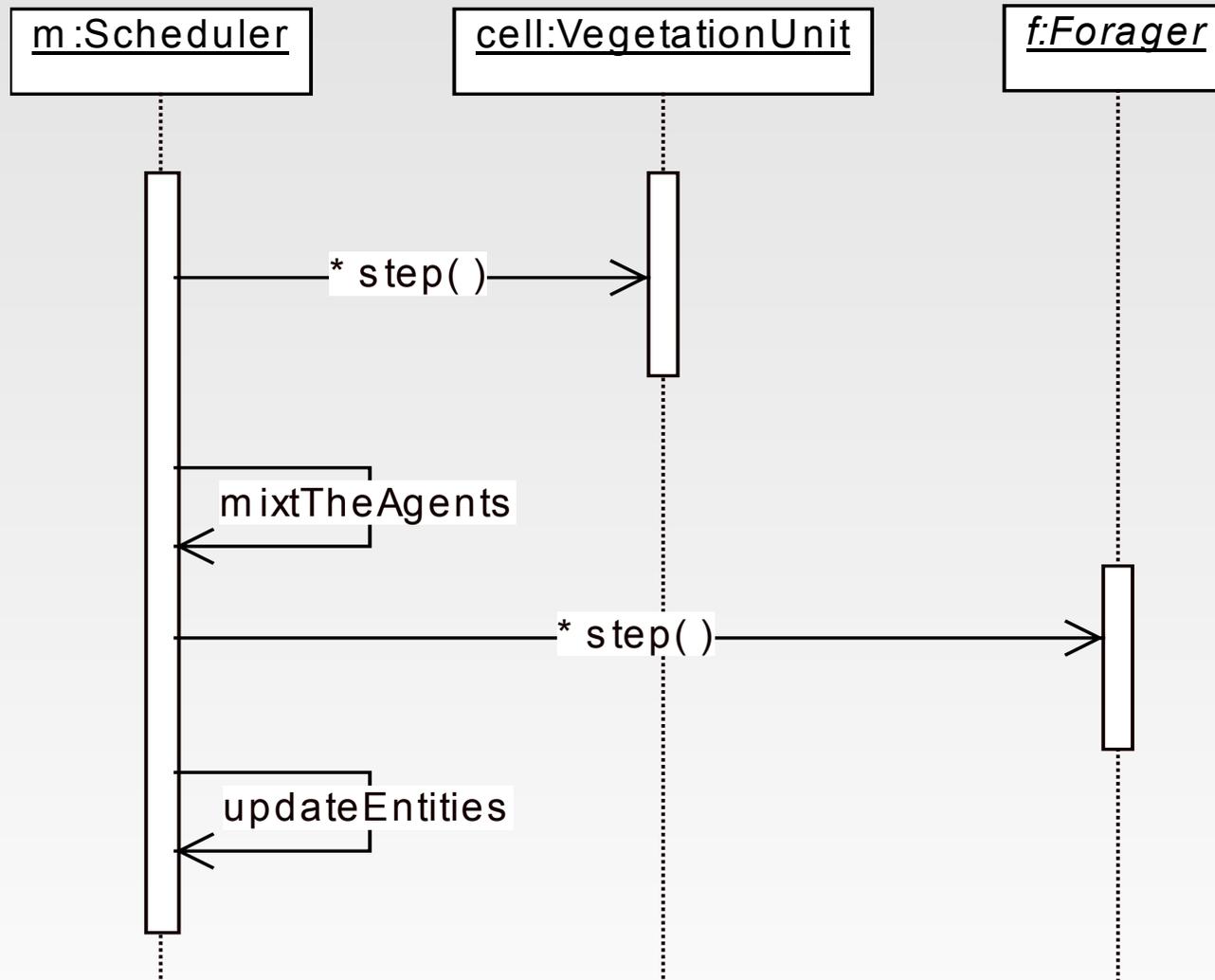
- Um ruminante *examina os locais* que lhe cercam. Entre aqueles que ainda não são ocupados, ele escolhe aquele contendo mais energia.
- Se a parcela tem mais energia disponível que seu limite metabólico, ele se desloca sobre este local. Senão, ele se desloca aleatoriamente sobre um local livre adjacente.
- Esta regra conduz à **migração** do agente de zonas pobres em plantas. Ela simula o comportamento de indivíduos explorando os recursos locais mas que migram antes de morrer de fome quando os recursos estão no nível mais baixo.



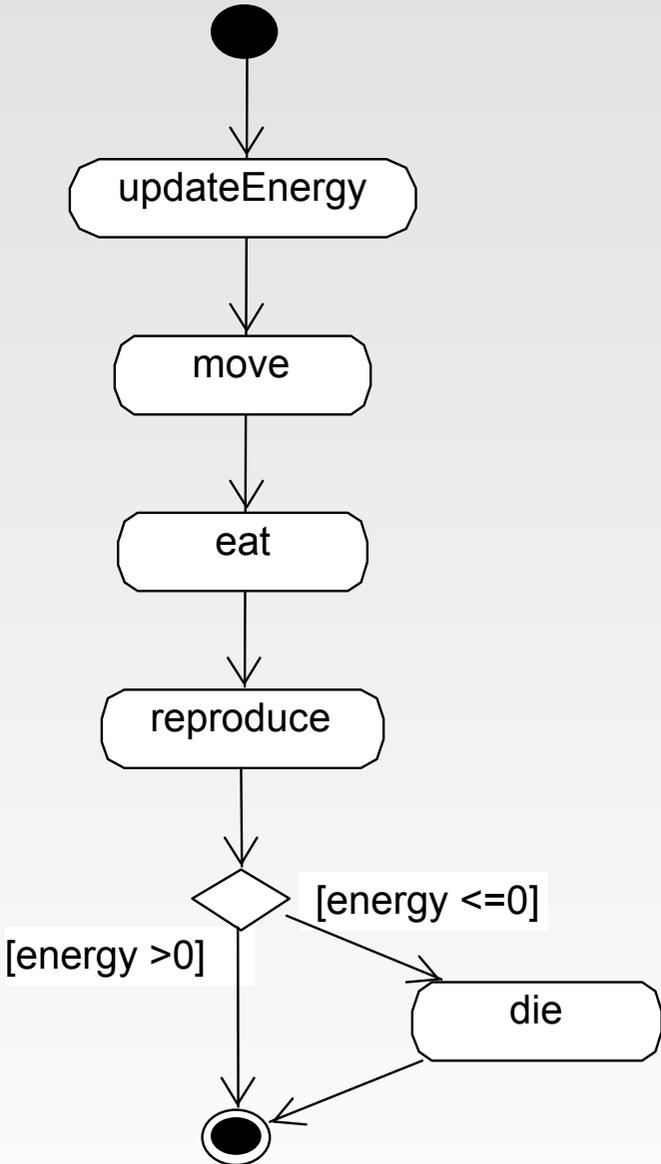
Diagrama de classe UML de ECEC



Main step. Sequence diagram



Forager step. Activity diagram





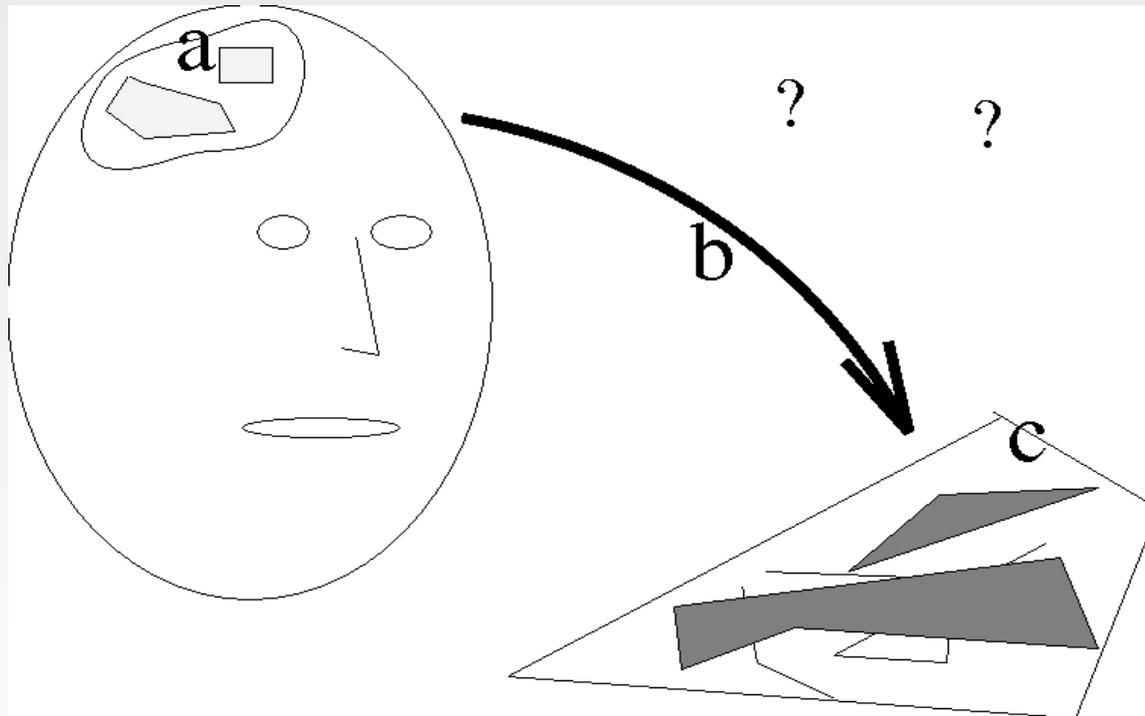
Simulação e gestão adaptativa: a abordagem ComMod

Jogo de papéis e SMA: uma representação comum

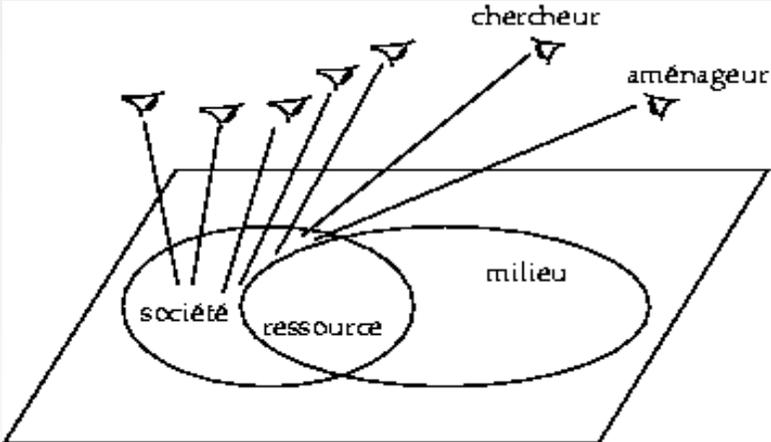
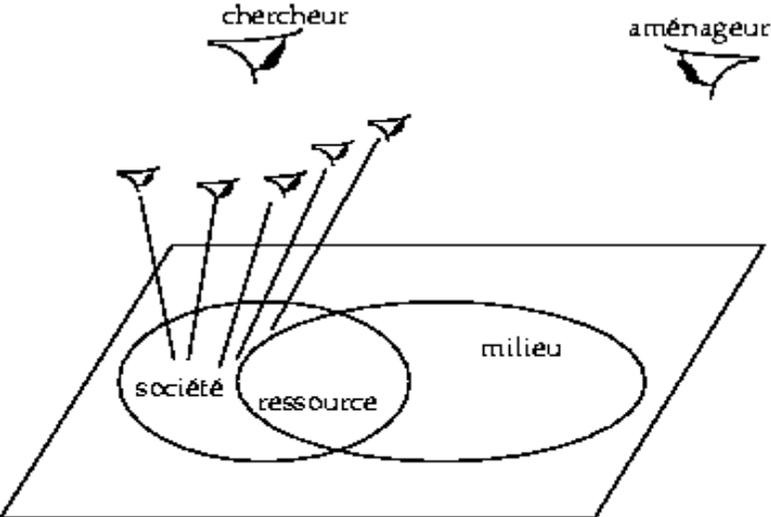
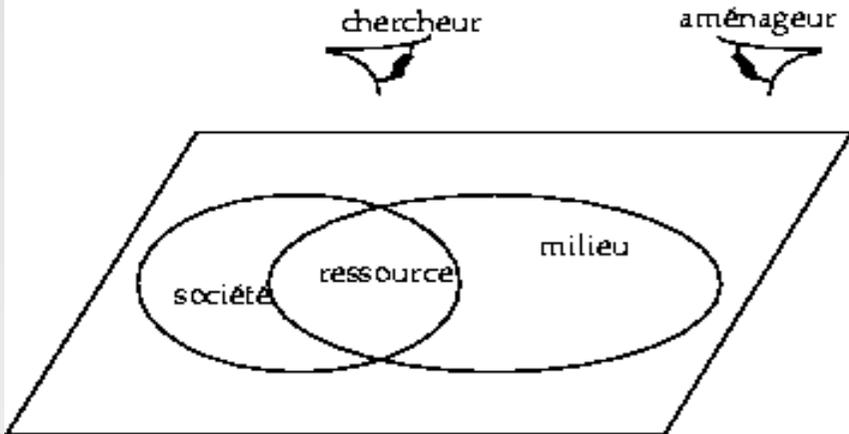
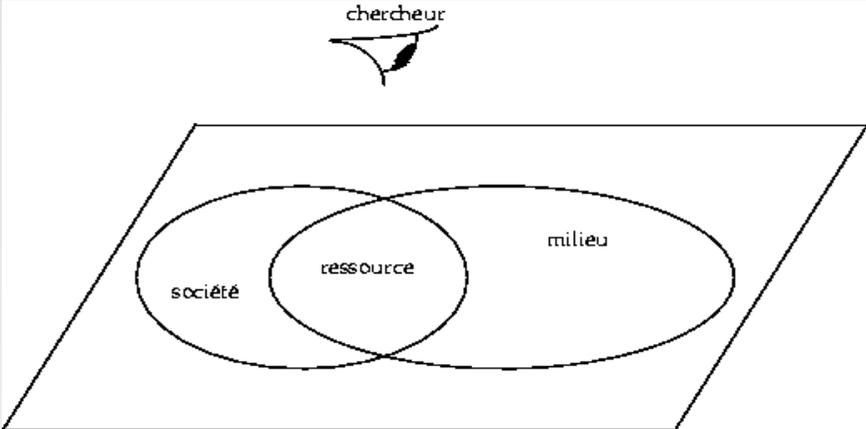
- Para gerar conhecimentos sobre o comportamento
- Para restituir o modelo aos atores e validá-lo
- Para testar cenários por simulações

A problemática da complexidade

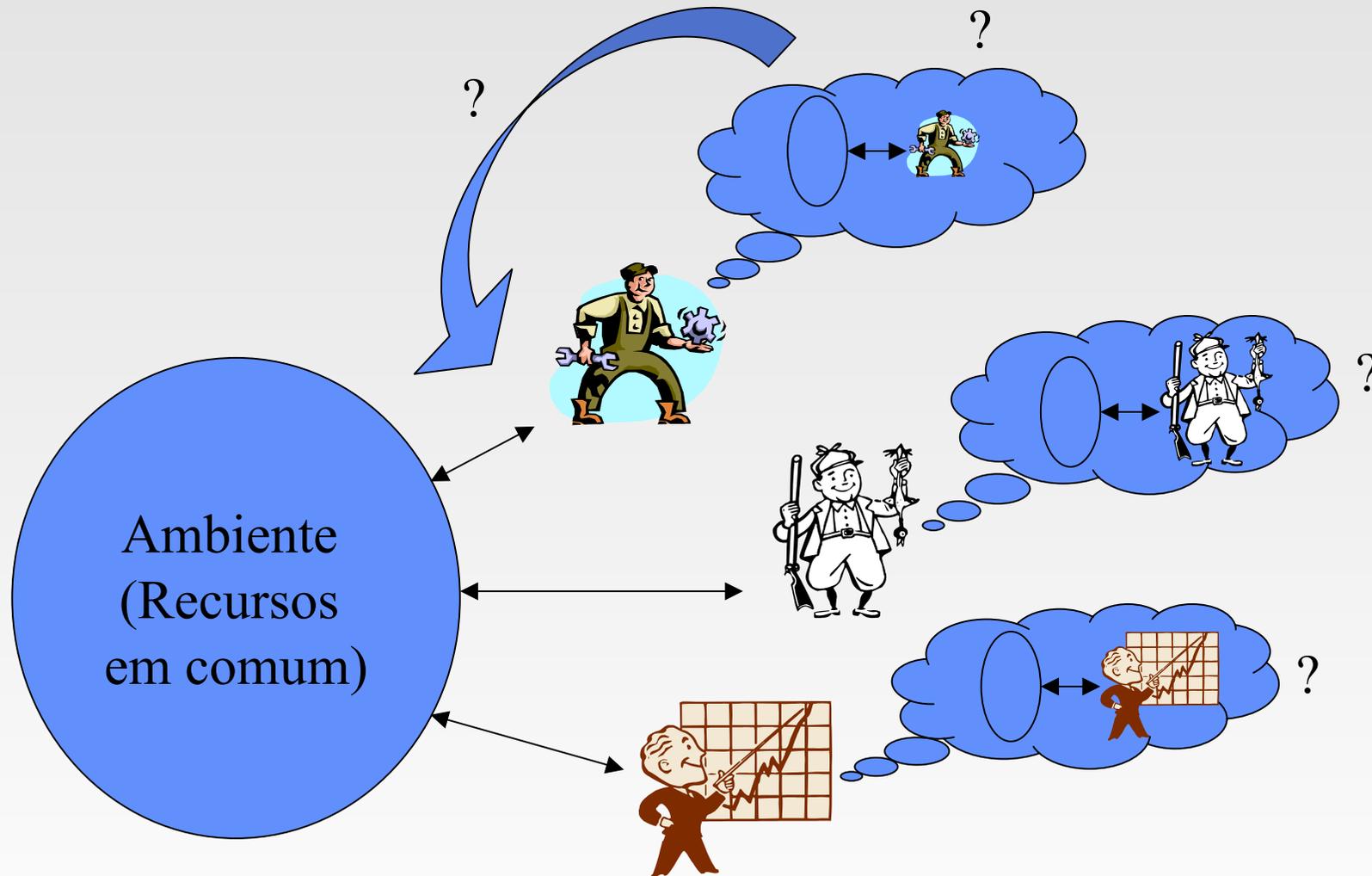
Interações e pontos de vista



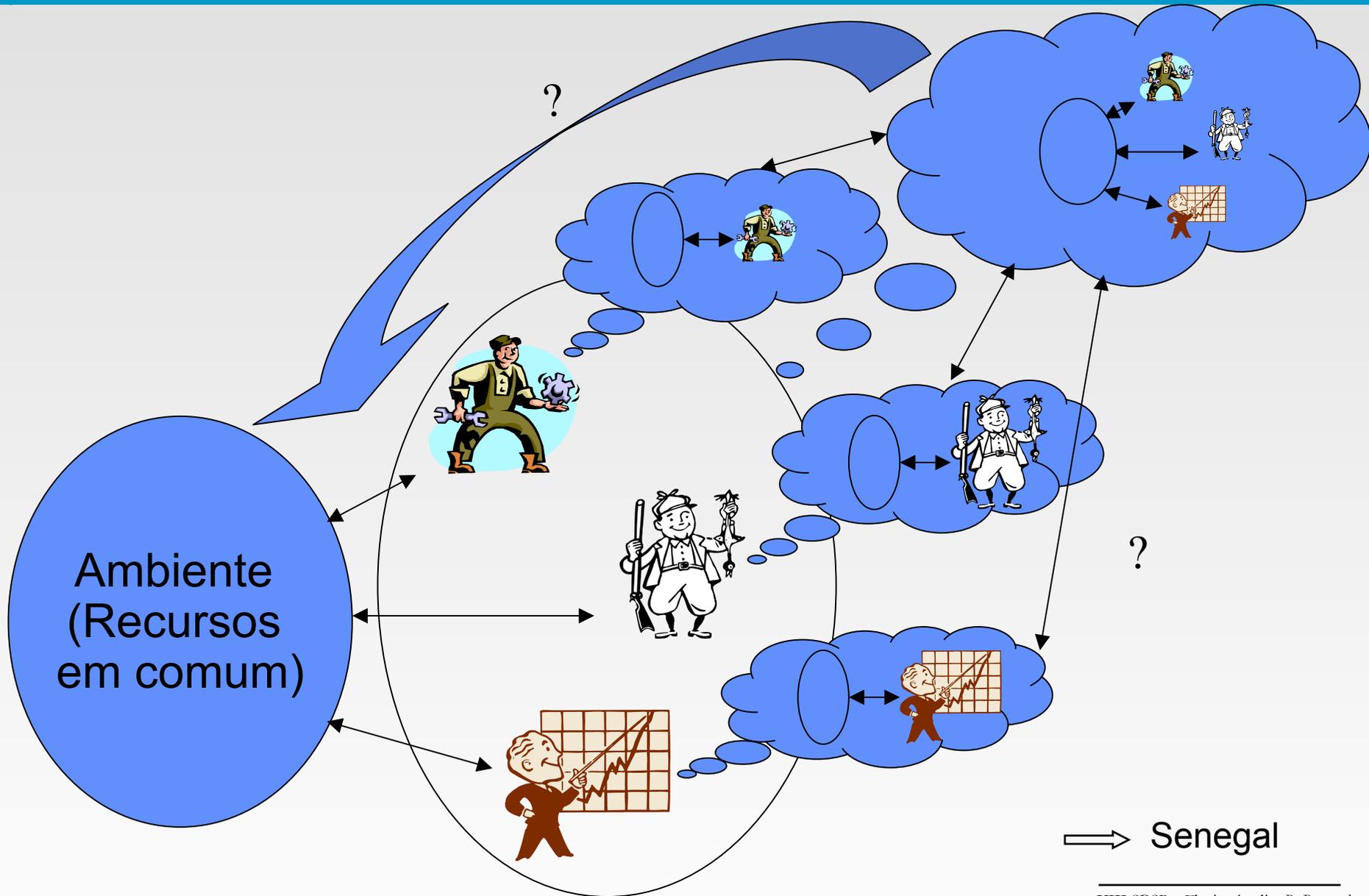
Complexidades e gestão de recursos



A modelização e dinâmicas coletivas (atores sociais)



A modelização e dinâmicas coletivas (compartilhadas)





MUITO OBRIGADO!

Pierre Bommel

Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS)

Faculdade de Tecnologia - Universidade de Brasília

70.910-900 Brasília, Brasil

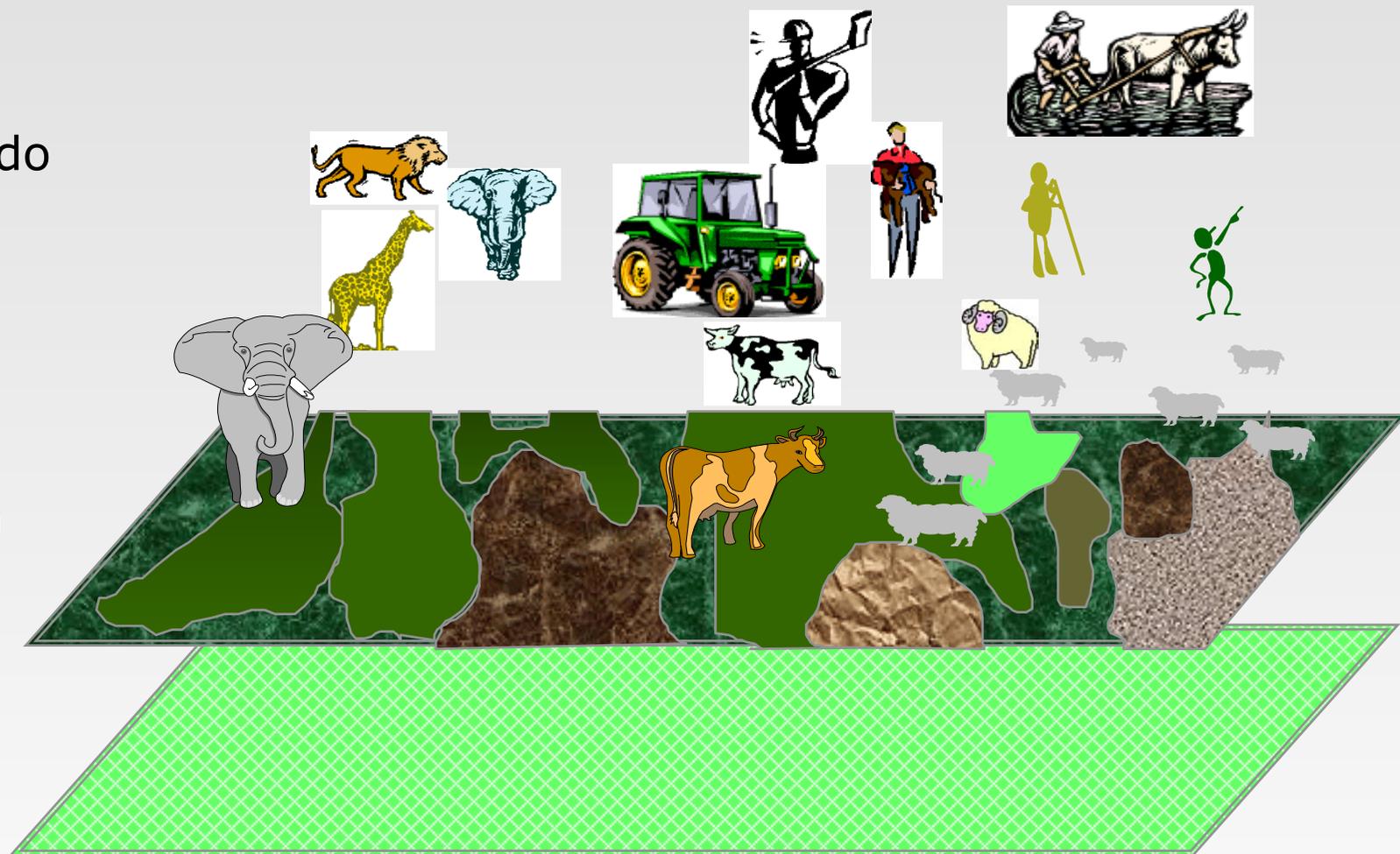
Web page: <http://www.unbcds.pro.br>

Sistema multi-agente no espaço

Agente utilizando os recursos

Objetos espaciais : pontos de vista

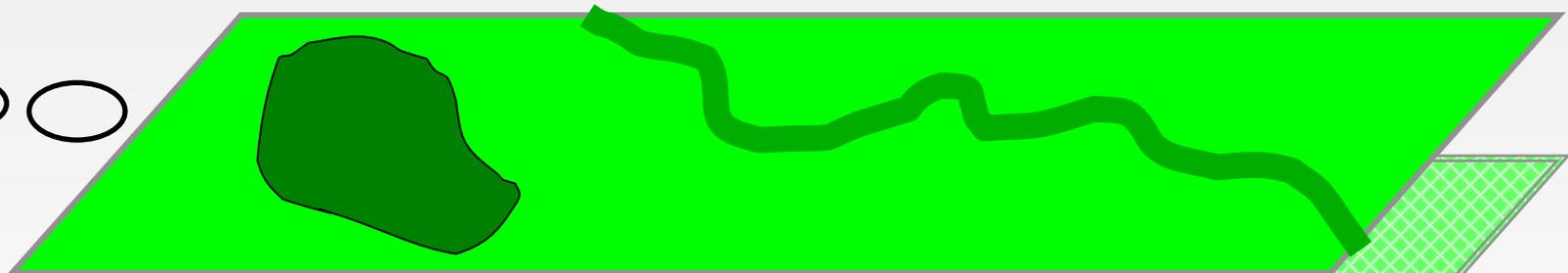
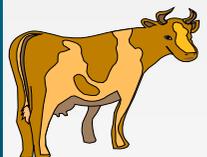
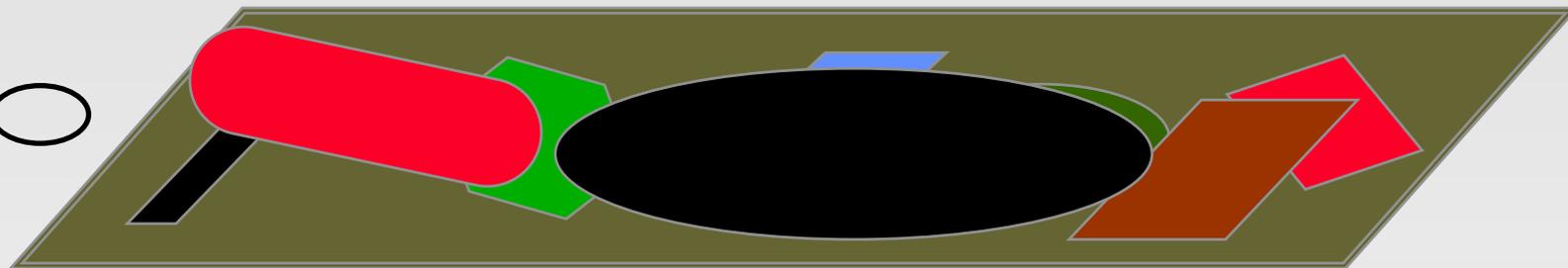
Meio com os recursos



DB, GIS

Cellular automata

Cada agente tem uma representação própria do ambiente



Spatial grid

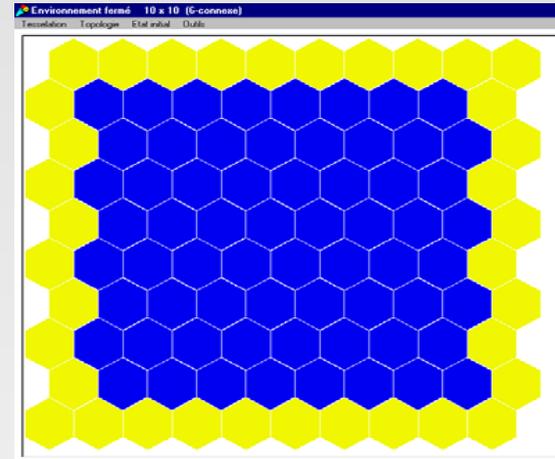
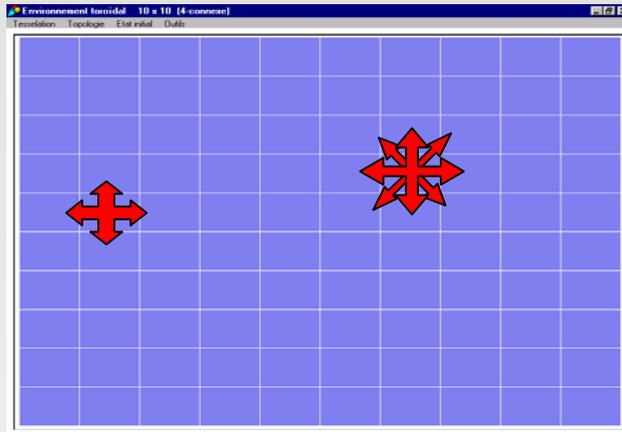


DB, GIS

Cellular automata



Malha ou irregular



➔ A partir de SIG (Raster & Vectorial)

