

# Simulação e Avaliação de Comportamentos em Sistemas Multi-Agentes Baseados em Modelos de Reputação e Interação

Andrio Pinto<sup>1</sup>, Fernando Osório<sup>2</sup> (Orientador)

<sup>1</sup>UNISINOS - Computação Aplicada (PIPCA) – RS / <sup>2</sup>USP – ICMC, SP – Brazil  
andriosp@gmail.com, fosorio@icmc.usp.br

**Abstract.** This work was developed in the context of human behavioral simulation and group interaction study. Our main goal was to propose, to study, to simulate and to evaluate a cooperative multi-agent model based on Interaction and Reputation models. This paper aims to discuss about: (i) questions related to multi-agent systems concerning reputation, agents grouping and relationships between agents (cooperation, betray, trust); (ii) the adoption of the simulated IPD (Iterated Prisoner's Dilemma – a classical problem studied in Game Theory) as a tool for agents' behavior analysis, which act individually or in groups; (iii) a behavioral agent model that includes attributes and properties, as for example, reasoning about reputation, personality and ability to influence (or be influenced) by other agents; (iv) the agent x agent interaction, considering different agent behaviors, analyzing the impact of their behaviors when faced to the Iterated Prisoner's Dilemma problem. In this work we propose an experimental evaluation of the MA-IPD problem (Multi-Agent Iterated Prisoner's Dilemma). Simulations were made testing different agent behaviors and interactions, considering also reputation and grouping. The main results obtained are presented and discussed here, where some important conclusions and analysis of the simulations are also presented.

**Keywords:** Behavioral Simulation, Group Interaction Simulation, Reputation, Cooperation, IPD (*Iterated Prisoner's Dilemma*), Multi-Agents Systems.

Andrio Pinto foi aluno do Mestrado em Computação Aplicada, concluiu sua dissertação no 1º. semestre de 2008 sob a orientação do prof. Fernando Osório.

## 1 Introdução

Vivemos em uma sociedade onde, devido ao convívio e interação com diferentes pessoas e grupos, somos cobrados a cada instante por nossas decisões e ações. Tudo o que fazemos ou deixamos de fazer pode representar determinada influência sobre esta sociedade onde estamos inseridos, mas também iremos sofrer diversos tipos de influências vindas das ações de outros indivíduos com os quais convivemos e interagimos. Nossas atitudes e comportamentos são estabelecidos de acordo com nossa personalidade e de acordo com regras de comportamento e conduta que adotamos. Alguém que ingresse em um grupo específico e de pessoas selecionadas precisará moldar seu comportamento de acordo com as “regras” estabelecidas por esta

rede (sociedade) de agentes para que seja acolhido, respeitado e reconhecido como integrante deste sistema de relações humanas e sociais. Além disto, quando interagimos com outras pessoas e grupos, nosso comportamento está sendo avaliado, assim como nós também estamos analisando o comportamento alheio, isto é, participamos de forma intrínseca de um processo concomitante, de mão dupla, da análise do comportamento humano. Desta forma é composta a “imagem” (reputação) que nós temos das outras pessoas e que estas têm em relação a nós.

A partir da reflexão acima, partimos para o viés de que pode ser de grande importância o desenvolvimento de estudos e pesquisas que levem à criação de novos modelos comportamentais de grupos, podendo ser validados através do uso de ferramentas computacionais de simulação do comportamento de sistemas multi-agentes integrando modelos de: comportamento (tomada de decisão, ação), reputação, interação, influência e formação de grupos.

O objetivo desta dissertação foi o de propor, estudar, simular e avaliar o modelo multi-agente cooperativo desenvolvido para este trabalho utilizando o Modelo Cooperativo Multi-Agente com Reputação e Interação. Foi realizado um estudo sobre questões ligadas aos relacionamentos em sistemas multi-agentes com o uso da simulação do problema do IPD (*Iterated Prisoner's Dilemma*) como ferramenta para a análise do comportamento de agentes, individualmente e em grupos (MA-IPD – Multi-agent IPD). Em suma, este trabalho visa realizar e avaliar simulações da dinâmica de um sistema multi-agente considerando a reputação e interações destes.

Este artigo será apresentado da seguinte forma: A seção 2 descreve os principais conceitos e a base teórica relacionada ao tema tratado, dividido em três subseções (*Agentes e Sistemas Multi-Agentes: Simulação; Modelos de Reputação; Jogos Administrativos*). A seção 3 descreve o modelo proposto, com suas características e protótipo, sendo dividido em três subseções (*Modelo do Agente; Comportamentos dos Agentes, e Ambiente de Simulações e Implementações*). A seção 4 descreve os resultados obtidos. E por fim a seção 5 faz o fechamento do trabalho com algumas perspectivas de trabalhos futuros.

## **2 Trabalhos Relacionados**

### **2.1 Agentes e Sistemas Multi-Agentes: Simulação**

Sistemas multi-agentes (SMA) se constituem em uma sub-área da I.A. Distribuída e se propõem ao estudo do comportamento de agentes autônomos em um ambiente multi-agente, tendo estes agentes uma existência própria e independente da existência de outros agentes. Seu principal conceito é que a partir do comportamento individual dos agentes é que o grupo alcançará um grau de comportamento coletivo e inteligente.

Mesmo não existindo uma única definição de “agente”, que seja consenso de toda a comunidade de I.A., podemos definir um agente como: uma entidade real ou abstrata que tem capacidade de agir sobre si e sobre seu ambiente, do qual possui uma representação parcial, podendo estabelecer comunicação com outros agentes em um universo multi-agente. Seu comportamento resulta das observações, conhecimento e interações com outros agentes [1].

Podemos classificar os agentes em dois grupos principais: Agentes Reativos (modelo de funcionamento por ação x reação / estímulo x resposta) e Agentes Cognitivos (seu comportamento e o processo de tomada de decisões/ações é baseado em conhecimentos e regras). Neste artigo vamos trabalhar principalmente com agentes cognitivos, cujas ações são baseadas em regras (comportamentos) e na memória das interações passadas com os demais agentes (reputação). Portanto, o comportamento dos agentes também pode ser considerado como um comportamento estático (regras estáticas) ou dinâmico (adaptando-se as interações e as ações executadas pelos demais agentes ao longo do tempo).

Diversos outros trabalhos relacionados à simulação de comportamentos e interações entre multi-agentes são encontrados na literatura, onde podemos destacar os seguintes trabalhos [2, 3, 4 e 5], que serviram de inspiração para o desenvolvimento deste trabalho. Entretanto um aspecto adicional muito importante foi considerado no desenvolvimento deste trabalho: a mútua avaliação dos agentes através da reputação.

## 2.2 Modelos de Reputação

Encontramos na literatura diversos modelos de reputação (Tab. 1), utilizando diversas técnicas, dentre os quais descreveremos alguns mais relevantes para este trabalho.

**Tabela 1.** Trabalhos relacionados: Modelos de Reputação.

Ref.	Importantes Temas Abordados e Discutidos no Referido Trabalho
[6]	Cooperação (ajuda e amizade) entre agentes.
[7]	Formação de grupos que atuam formando uma rede social.
[8]	Reputação (confiança/honestidade) associada à adaptação de estratégias.
[9]	Interação (correspondentes) com a criação de uma relação de confiança.
[10]	Reputação global que vai além das reputações individuais.
[11]	Possibilidade de usar diferentes métricas para avaliar a reputação.
[12]	Cooperação e ganho global (bem comum).
[13]	Reputação recolhida de terceiros.
[14]	Problema da decepção na propagação e agregação de testemunhos.
[15]	Em quem e quanto confiar (incluindo a troca de reputações), e o seu impacto na dinâmica do sistema.
[16]	Reputações com múltiplas facetas considerando a estrutura social do agente.
[17]	Relações sociais entre agentes.
[18]	Reputação como um cumprimento de um papel por parte do agente.
[19]	Simulação do Dilema do Prisioneiro Iterado para o estudo de estratégias cooperativas
[20]	Conceitos relativos a modelos de confiança, inclusive com interação
[21]	Questão da exatidão da informação de confiança

Os modelos de reputação estudados permitiram definir certos componentes importantes para estabelecer as relações entre os agentes, destacando-se: a relação de confiança (estabelecida através da memória das interações e da avaliação das atitudes de cooperação e de traição), o uso de métricas para quantificar esta confiança, e as relações e influências que são estabelecidas entre grupos de agentes (redes sociais).

## 2.3 Jogos Administrativos

Os jogos administrativos, conforme [22], são atividades realizadas por **cooperação** ou **competição**, buscando conquistar, dentro das regras do jogo, os seus objetivos. Usualmente estes jogos visam que seus jogadores busquem maximizar um ganho individual ou de todo um grupo (corporação/empresa).

Estes jogos podem ser usados com o objetivo de ensinar e treinar. Em [24] são destacados cinco benefícios dos jogos: aumentar a motivação e interesse, ensinar e treinar, desenvolver a habilidade, mudar a atitude, e, propor a avaliação de si mesmo e pelos outros. Na área de jogos digitais, são chamados de “*serious games*”, quando possuem uma finalidade como estas descritas acima (treinar, ensinar, simular). Nosso objetivo foi o de aplicar um destes “jogos sérios” a fim de simular e avaliar o resultado de comportamentos e estratégias adotadas pelos agentes participantes deste jogo.

### 2.3.1 O Dilema do Prisioneiro

O **Dilema do Prisioneiro (PD - Prisoner’s Dilemma)** foi originalmente idealizado por Merrill Flood e Melvin Dresher trabalhando na corporação RAND em 1950. Albert Tucker formalizou o jogo com pagamentos de sentenças de prisão e deu o nome de “Dilema do Prisioneiro” [25]. Este problema é particularmente importante e será utilizado em nosso trabalho. Uma das principais razões de sua adoção é pelo fato de ser um problema clássico, e permitir que sejam implementadas “partidas”, como em um jogo de cartas, com a possibilidade de participação de múltiplos jogadores, e principalmente com um *sistema inteligente de pontuação que permite avaliar as diferentes estratégias de jogo adotadas* pelos participantes do jogo. Este tipo de problema onde existe uma decisão a ser tomada, com diferentes conseqüências que afetam os demais agentes, e onde existem conceitos de confiança e traição que fazem parte da estratégia do jogo, tem um papel muito importante nas pesquisas atuais da área de Teoria dos Jogos, e em diversas outras áreas, como a Sociologia por exemplo. Existe uma farta bibliografia sobre o dilema do prisioneiro e suas variantes [26, 28].

O dilema pode ser resumido assim, conforme descrito na Tabela 2 abaixo:

**Tabela 2.** Análise de resultados no jogo “Dilema do Prisioneiro” (PD).

	<b>Prisioneiro B fica em silêncio</b>	<b>Prisioneiro B trai</b>
<b>Prisioneiro A fica em silêncio</b>	Cada prisioneiro (A e B) pega uma pena de seis meses	Prisioneiro A fica preso dez anos Prisioneiro B sai livre
<b>Prisioneiro A trai</b>	Prisioneiro A sai livre Prisioneiro B fica preso dez anos	Cada prisioneiro pega uma pena de 2 anos

Este é portanto um jogo onde as pontuações podem ser fixadas da seguinte forma: se o jogador A trair e o jogador B cooperar, o jogador A ganha 5 pontos enquanto o jogador B não recebe nada (0 pontos). Se ambos cooperam, eles ganharão três pontos cada, enquanto se ambos traírem mutuamente receberão 1 ponto cada. Esta matriz de pontuações é mostrada na Tabela 3. Note que podemos fazer uma analogia deste jogo com uma negociação de compra (paga / não paga) e venda (entrega / não entrega) de um produto, onde as pontuações refletem o lucro ou prejuízo de cada um.

**Tabela 3.** Matriz de pontuação na implementação clássica do “Dilema do Prisioneiro”.

	<b>Jogador B Cooper</b>	<b>Jogador B Trai</b>
<b>Jogador A Cooper</b>	Cada jogador ganha 3 pontos	Jogador A ganha 0 pontos Jogador B ganha 5 pontos
<b>Jogador A Trai</b>	Jogador A ganha 5 pontos Jogador B ganha 0 pontos	Cada jogador ganha um ponto

Esta matriz de pontuação é uma das peças-chave do PD clássico, pois ela permite codificar de modo bastante realista as punições e recompensas recebidas pelos jogadores quando cooperam mutuamente, quando um trai ao outro, ou quando ambos são prejudicados pelas ações mútuas de traição.

O Dilema do Prisioneiro (PD) pode ser estendido de modo a criar novos modos de implementar este jogo. Axelrod [26], em *A evolução da cooperação*, estuda uma extensão do cenário clássico do dilema do prisioneiro que classificou como **Dilema do Prisioneiro Iterado (IPD - Iterated Prisoner’s Dilemma)**. Neste contexto, os participantes escolhem a sua estratégia e disputam uma série de rodadas deste jogo, onde podem possuir um comportamento que faz uso da memória dos seus encontros prévios a fim de planejar sua estratégia. O IPD pode ser considerado um sistema dinâmico, cuja análise da evolução do jogo pode ser realizada através da implementação de uma simulação da dinâmica do sistema (sujeito as diferentes “regras” e “mudanças” de comportamento adotadas pelos participantes do jogo). Além disto, também é possível realizar diversas rodadas de partidas do jogo **IPD entre múltiplos agentes** (todos os agentes jogam entre si), caracterizando assim um **MA-IPD (Multi-Agent Iterated Prisoner’s Dilemma)**.

### 3 Modelo Proposto

#### 3.1 Modelo do Agente

Cada agente possui um conjunto de variáveis composto por  $K$  = conhecimento global (conhecimento + reputação global),  $S$  = estado (personalidade + estado emocional), e  $I$  = Intenção (ação), onde este modelo é inspirado no modelo KSI proposto por [27]. O **Conhecimento (C)** é tudo o que o agente foi capaz de aprender sobre os demais agentes e sobre o ambiente onde está inserido. A **Reputação Global (Rg)** é a média da reputação dada pelos demais agentes ao agente em questão e tem como valor inicial o mesmo valor para todos os agentes. Com a disputa de múltiplas partidas podemos passar a ter agentes com diferentes reputações globais. O valor da reputação, nas simulações que realizamos, varia de 0 a 100. Os valores intermediários podem ser considerados bons ou ruins, dependendo do limiar de tolerância adotado pelos demais agentes. Um agente pode ter **Personalidade (P)** forte, com capacidade de formar suas próprias opiniões e assim se tornar um influenciador; personalidade fraca, com capacidade de deixar-se levar muitas vezes pelas opiniões dos outros, desconsiderando as suas, e assim ser influenciado. O **Estado Emocional (EE)** de um agente identifica se o agente está triste ou feliz. A reputação global irá afetar o estado emocional (EE) deste agente: quando ela está alta, o agente fica mais feliz, e quando está baixa, o agente fica mais triste. A **Influência (INF)** de um agente é calculada

através de uma função ajustável que utiliza o estado emocional (EE), a personalidade (P) e a reputação global (RG). Calculando a influência, podemos dizer se o agente tem influência positiva, negativa ou não tem influência sobre os demais agentes à sua volta (com os quais interage). No IPD a influência positiva é quando um agente induz os outros agentes a terem um “bom comportamento” (ser honesto e cooperar) com os demais agentes em uma jogada. Por outro lado, a influência negativa é quando um agente usa de sua influência para levar outros agentes a traírem a confiança de outros. A **Intenção (I)** define as **ações** que os agentes executam. Foram estipuladas duas ações, conforme estabelecido no IPD: **cooperar** e **trair**. Os agentes possuem diversos comportamentos, que definem o modo como tomam a decisão de agir traíndo ou cooperando, onde fatores como a reputação, interações e influências podem ser considerados, de acordo com a regra comportamental do agente, a fim de definir sua ação.

### 3.2 Comportamento dos Agentes

O comportamento dos agentes é informado através de um arquivo de configuração e definido individualmente para cada agente. Foram criados seis tipos de comportamentos, sendo que um deles utiliza como atributo para a tomada de decisão, a reputação global do agente. Os comportamentos irão influenciar as ações de forma positiva ou negativa. São eles: **Comportamento 1 (C1): Aleatório**, ora o agente trai, ora ele coopera. O comportamento aleatório foi considerado nas simulações como o comportamento “baseline”, que servirá de referência em termos de desempenho no jogo (não usa nenhum tipo de inteligência na tomada de suas decisões sobre como agir); **Comportamento 2 (C2): Sempre trair**, leva o agente a agir de forma negativa e executar a ação de sempre trair; **Comportamento 3 (C3): Sempre cooperar**, leva o agente a agir de forma positiva e a executar a ação de sempre cooperar; **Comportamento 4 (C4): Baseia-se na jogada anterior** para jogar a próxima alternando as ações, ou seja, ora trai, ora coopera, dependendo da ação executada na partida anterior; **Comportamento 5 (C5): Trai o traidor** para se defender contra um agente traidor e coopera com os demais. Os agentes cooperam entre si para se defenderem de um agente que os está traíndo sempre, ou seja, um agente com comportamento do tipo 2; **Comportamento 6 (C6): Cooperar com os demais**, considerando a *reputação* para se defender de agentes traidores. Um limiar de reputação pode ser configurado, visando definir quais agentes pertencerão ao grupo de agentes de boas reputações.

### 3.3 Ambiente de Simulação e Implementações

O ciclo da simulação está dividido em duas etapas: **interação** e **jogo**. A etapa de interação entre os agentes ocorre em um ambiente virtual simulado (ocorrendo encontros e trocas de influências) e a outra etapa é onde os agentes jogam um certo número de partidas do PD (IPD), contra cada um dos outros agentes (MA-IPD). Com um conjunto de partidas executadas podemos assim avaliar quantitativamente o desempenho das diferentes estratégias dos agentes, através de medidas como: o *desempenho individual* (pontuação individual), o *desempenho por grupos* (considerando os agentes que possuem um mesmo comportamento), e o *desempenho global* (média de pontuação geral de toda a população). Através da análise das

pontuações também é possível avaliar a evolução no tempo das estratégias, quando varia a quantidade de agentes de um determinado tipo de comportamento, verificando assim o impacto das alterações na configuração da população junto às pontuações.

O sistema foi implementado em dois módulos separados, o simulador de interações e o simulador de jogos, onde ambos lêem e gravam arquivos de configuração e de *log* (pontuações e reputações). Os arquivos permitem assim trocar informações entre os dois módulos, gerenciar e avaliar um conjunto de simulações. O Simulador do MA-IPD recebe como entrada dois arquivos textos, um contendo a especificação do tipo de comportamento de cada agente e o outro com a reputação global dos agentes. Este simulador gera como saídas as reputações atualizadas, em função do comportamento dos agentes nas partidas, e um arquivo com as pontuações geral e individual de cada partida. O Simulador de Interações simula a interação entre agentes e a ocorrência de influências de um agente sobre outro, o que pode levar a troca de comportamentos. Nas simulações descritas neste artigo, realizamos experimentos com o Simulador MA-IPD, onde foi variado o número de agentes com um determinado comportamento dentro de uma população, e assim, foi possível avaliar de um modo mais geral, o impacto da troca de comportamentos que pode vir a ocorrer nas interações.

## 4 Experimentos e Resultados

As simulações foram realizadas sempre considerando um conjunto total de 10 agentes que disputam partidas entre si (cada um contra todos os demais, compondo uma rodada de 9 partidas), sendo que são disputadas 10 rodadas compostas cada uma de um total de 90 partidas (total de 900 partidas a cada experimento:  $10 \times 10 \times 9$ ). Cada partida é sempre pontuada de acordo com as regras tradicionais do PD (cf. descrito na seção 2.3.1), além também de ser computada a reputação de cada agente e uma média de pontos acumulados pelos agentes.

Dividimos as simulações em grupos: **Comportamentos homogêneos:** visa caracterizar como os agentes agem, todos de um mesmo tipo, e também permitiu validar a implementação do simulador; **Comportamentos mistos (50% de cada):** procurou-se ver como se comportam os agentes quando 2 grupos de comportamentos diferentes são confrontados, e assim foi possível avaliar se um comportamento se impõe (ganha mais pontos) sobre outro, bem como foi possível avaliar se existem comportamentos que privilegiam mais o grupo como um todo (comportamento coletivo: analisando se a média geral é aumentada ou reduzida); **Comportamentos comparando quando a quantidade de agentes de um tipo varia:** permite verificar como os agentes ao trocarem de comportamento influenciam as simulações, testando o aumento ou diminuição da proporção de um tipo de comportamento (grupo) em relação a outro; **Comportamentos misturados:** permite estudar como se comporta um sistema multi-agente onde existem diversos grupos com diversos tipos de comportamentos, todos interagindo uns com os outros. Estas simulações permitem complementar e validar as experiências anteriores, onde foram feitos experimentos mais focados, e assim foi possível verificar os efeitos em populações mais heterogêneas.

### 4.1 Análise dos Resultados dos Experimentos

Os diversos experimentos realizados, conforme descrito acima, e que estão detalhados no texto da dissertação, permitiram chegar às conclusões que serão descritas a seguir, onde adotamos a seguinte notação: MI = Pontuação Média Individual do Agente; MG = Pontuação Média Global de toda a população.

**Experimentos Homogêneos:** Analisamos a simulação dos *agentes baseline* (C1 - Aleatório) e constatamos que o desempenho individual e geral foi mediano (MI entre 196,3 e 211,9 pontos e MG=202,93 pontos), como esperado. Em um comportamento onde todos agentes traem uns aos outros (C2 - Trai), isto leva o grupo para o seu pior desempenho (MI e MG=90). Em comportamentos onde todos acabam cooperando (C3, C4, C5 ou C6), pois a população é homogênea, a pontuação ficou mais elevada (MI e MG=270). Isto nos permite afirmar que em uma *população totalmente homogênea* a melhor estratégia é sempre cooperar.

**Experimentos com comportamentos mistos (50% de cada):** Comportamentos de traição (C2), quando confrontados com comportamentos que sempre cooperam independentemente do comportamento do seu oponente (C3), tendem a pontuar mais (MI-C2=290, MI-C3=120, MG=205). Quando a reputação não é considerada, aqueles que traem pontuam sempre mais do que os que cooperam, entretanto, comportamentos de traição são prejudicados quando todos traem ou quando existe um conjunto de agentes que buscam penalizar as traições. Em uma população com comportamentos de traição (C2) e com uso de reputação (C6) os agentes C2 obtiveram MI=90 e os agentes C6 obtiveram MI=98, sendo a MG=94. Isto nos permite afirmar que em populações mistas (50%): o agente que sempre trai tem um desempenho sempre superior, exceto quando confrontado com um agente que considera a reputação; o agente que considera a reputação permite obter uma pontuação acima do agente que sempre trai, mas a pontuação geral é penalizada neste tipo de situações. A situação ideal é novamente quando todos cooperam (MI e MG=270).

**Experimentos com comportamentos comparando quando a quantidade de agentes de um tipo varia:** Em nossas simulações constatamos que quanto mais agentes com comportamentos que considerem a reputação (C6) existir na população, mais estes têm chance de pontuar acima dos comportamentos que incluem a traição (C1 e C2), entretanto isso depende também do limiar de reputação adotado. Os agentes que consideram a reputação tornam desinteressante a opção pelo comportamento de traição (C2) pois a pontuação individual destes acaba ficando mais baixa (MI-C2=90). Quanto mais agentes do tipo que cooperam existir, desde que estes não se organizem a fim de penalizar os agentes que traem, melhor para os agentes que sempre traem. A *pontuação máxima individual*, que pode ser obtida nas simulações ocorre quando um único agente sempre trai e todos os demais sempre cooperam, inclusive com ele (MI-C2=450, MI-C3=240, MG=261). Isso nos permite afirmar que se um agente quer maximizar seu ganho individual, ele deve trair e fazer com que todos os demais sempre cooperem (ou deve trair sem que ultrapasse o limiar de reputação). Este agente irá portanto tentar influenciar os demais para que assumam comportamentos de cooperação a fim de se beneficiar individualmente. Entretanto, este tipo de comportamento individualista prejudica a média global da população, onde a *pontuação máxima global* é alcançada somente quando todos cooperam sempre entre si (MI=MG=270).

**Experimentos com comportamentos misturados:** Os experimentos com comportamentos misturados apenas reforçaram as conclusões que foram obtidas nos experimentos anteriores, porém também permitiram visualizar e reforçar os efeitos de certas situações particulares. Em algumas das simulações os agentes que possuíam reputações mais baixas acabavam ainda assim obtendo pontuações mais elevadas do que os demais. Isto se caracteriza pelo fato de não estarem sendo penalizados de forma sistemática pelos demais agentes em função de suas traições, causado pelo uso de um limiar de reputação tolerante demais. Em algumas simulações a mistura de comportamentos privilegiou os agentes que possuíam um comportamento que incluísse a traição, pois como já foi constatado anteriormente, o comportamento de traição quando “diluído” entre os demais, tende a ser beneficiado individualmente. Disto concluímos que, pelo fato da população não possuir uma boa organização (estruturação do grupo para a busca do bem comum), isto acaba por privilegiar uma parcela de agentes que se aproveitam desta situação.

## 5 Conclusões e Perspectivas

O propósito deste trabalho foi propor, estudar, simular e avaliar comportamentos multi-agente baseados em modelos de reputação e interação, através da implementação de um simulador do jogo MA-IPD (*Multi-Agent Iterated Prisoner's Dilemma*). Neste trabalho investigamos o uso do problema do IPD para multi-agentes e grupos de agentes com diferentes comportamentos, onde focamos também nosso estudo nas questões relativas ao uso da reputação e sobre o impacto da interação entre agentes que pode levar a criação dinâmica de grupos e mudanças de comportamento. Além disto, também foi proposto um conjunto de comportamentos bem particular e bem definido que foi aplicado em nossos experimentos. Através de simulações multi-agente foi possível realizar uma avaliação e medidas quantitativas do desempenho de diferentes configurações de comportamentos e populações. Foram usados critérios de avaliação referentes ao desempenho individual, de grupos e de toda a população.

A partir de nossos experimentos, concluímos que o mecanismo de reputação é a melhor maneira de impedir que agentes isolados realizem traições (visando o ganho individual) e acabem prejudicando a população como um todo. Também foi possível constatar que manter o sistema desorganizado, com agentes que não possuem uma estratégia definida (ou que cooperam sempre) é uma estratégia que acaba beneficiando aqueles que traem. Constata-se que a pontuação máxima coletiva é obtida somente quando todos os agentes cooperam entre si. A pontuação mínima coletiva é obtida quando todos os agentes traem entre si. Portanto, a melhor estratégia, que visa maximizar o ganho global da população ao mesmo tempo que maximiza o ganho individual, é aquela que busca a cooperação geral da população de agentes (sem exceções).

Como perspectivas e trabalhos futuros a serem realizados, se destacam as seguintes possibilidades: realizar experimentos com a simulação de populações maiores; uso de algoritmos genéticos para estudar a evolução do comportamento de populações; aperfeiçoamento das simulações de interação entre agentes e dos modelos de influência de comportamento. Sem dúvida este trabalho servirá como inspiração para trabalhos futuros que continuem a investigar o impacto de diferentes comportamentos e da interação na forma como os agentes colaboram entre si em um sistema multi-agente.

## Referências

1. Ferber, J.; Gasser, L.: *Intelligence Artificielle e Distribute*, International Workshop on Expert Systems & Their Applications, Avignon, France. Cours no. 9. (1991)
2. Ferber J.: *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*, Addison-Wesley, New York. (1999)
3. Weiss, G.: (Ed.). *Multiagent systems: A modern approach to distributed artificial intelligence*, London: MIT Press. (1999)
4. Reynolds, C. W.: *Boids Steering Behaviors and OpenSteer – Reynolds Homepage*. Disponível em: <http://www.red3d.com/cwr/>, acessado em: 15/01/2008. (2007)
5. Thalman, D.; Musse, S.: *Crowd Simulation*. London: Springer-Verlag. v.1. 245 p. (2007)
6. Oh, J. C., Gemelli, N.; Wright, R.: *A Rationality-based Modeling for Coalition Support*. In Proceedings of the Fourth International Conference on Hybrid Intelligent Systems. (2004)
7. Gaston, M. E.; desJardins, M.: *Agent-Organized Networks for Dynamic Team Formation*. In Proc. of Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'05). (2005)
8. Lam, K.; Leung, H.: *An Adaptative Strategy for Trust/Honesty Model in Multi-agent Semi-competitive Environments*. In Proc. of IEEE Intl. Conf. on Tools with AI (ICTAI). (2004)
9. Yu, B.; Singh, M. P.: *An Evidential Model of Distributed Reputation Management*. In Proc. of Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'02). (2002)
10. Huynh, T.; Huynh D.; Jennings, N.; Shadbolt, N.: *Certified Reputation: How an Agent Can Trust a Stranger*. In Proc. of AAMAS'06. (2006)
11. Schlosser, A.; Voss, M.; Brückner, L.: *Comparing and Evaluating Metrics for reputation Systems by Simulation*. Workshop on Reputation in Agent Socs. (RAS) - IEEE/WIC/ACM Intl. Joint Conf. on Intelligent Agent Tech. (IAT'04) and Web Intelligence (WI04). (2004)
12. Bitting, E.; Ghorbani, A.: *Cooperative Multiagent Systems for the Optimization of Urban Traffic*. In Proc. of the IEEE/WIC/ACM Intl. Conf. on Intelligent Agent Technology. (2004)
13. Teacy, W. T. L et al: *Coping with Inaccurate Reputation Sources: Experimental Analysis of a Probabilistic Trust Model*. In Proc. of the 5<sup>th</sup> Intl. Conference AAMAS'05. (2005)
14. Yu, B.; Singh, M. P.: *Detecting Deception in Reputation Management*. In Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'03). (2003)
15. Fullam, K.; Barber, K.: *Learning Trust Strategies in Reputation Exchange Networks*. In Proc. of Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'06). (2006)
16. Sabater, J.; Sierra, C.: *REGRET: Reputation in gregarious societies*. In Proceedings of the 1<sup>st</sup> Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'01). (2001)
17. Sabater, J.; Sierra, C.: *Reputation and Social Network Analysis in Multi-Agent Systems*. In Proc. of Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'02). (2002)
18. Carter, J.; Bitting, E.; Ghorbani, A. A.: *Reputation Formalization for an Information-Sharing Multi-Agent*, Computational Intelligence, Volume 18, Number 4, pp. 515-534. (2002)
19. Baranski, B.; et al. *The Impact of Group Reputation in Multiagent Environments*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC). (2006)
20. Derbas, G.; Kayssi, A.; Artail, H.; Chehab, A.: *TRUMMAR – A Trust Model for Mobile Agent Systems Based on Reputation*. In Proc. of the IEEE/ACS ICPS'04. (2004)
21. Klos, T.; Poutre, H. L.: *Using Reputation-based Trust for Assessing Agent Reliability*. In Proceedings of 7<sup>th</sup> International Workshop on Trust in Agent Societies. (2003)
22. Greene and Sisson: *Dynamic Management Decision Games*, Chapman & Hall, London. (1959)
23. Elgood, C.: *Handbook of management games and Simulations*, 6<sup>th</sup> ed., Gower - UK. (1997)
24. Greenblat, C. S.: *Designing Games and Simulations*, Sage Publications, London. (1988)
25. Poundstone, W.: *Prisoner's Dilemma*, Doubleday, NY. (1992)
26. Axelrod, R.: *The Evolution of Cooperation*, New York: Basic Books. (1984)
27. Musse, S. R.: *Human Crowd Modelling with Various Levels of Behaviour Control*. PhD Thesis. EPFL - Lausanne (2000)
28. PD – Prisoner's Dilemma, Wikipedia. [[http://en.wikipedia.org/wiki/Prisoner\\_dilemma](http://en.wikipedia.org/wiki/Prisoner_dilemma)] (2008)