

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – PPGA

Luiz Marcelo Berger

UM MODELO MULTIAGENTE PARA ANÁLISE DA INTERAÇÃO DINÂMICA E  
ESTRATÉGICA DE AGENTES SOCIAIS

Porto Alegre

2013

Luiz Marcelo Berger

UM MODELO MULTIAGENTE PARA ANÁLISE DA INTERAÇÃO DINÂMICA E  
ESTRATÉGICA DE AGENTES SOCIAIS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Denis Borenstein

Porto Alegre

2013

CIP - Catalogação na Publicação

Berger, Luiz Marcelo  
UM MODELO MULTIAGENTE PARA ANÁLISE DA INTERAÇÃO  
DINÂMICA E ESTRATÉGICA DE AGENTES SOCIAIS / Luiz  
Marcelo Berger. -- 2013.  
136 f.

Orientador: Denis Borenstein.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Escola de Administração, Programa de  
Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre, BR-RS,  
2013.

1. Modelagem e Simulação Multiagente. 2. Teoria  
dos Jogos. 3. Análise Econômica do Direito. 4.  
Cooperação e Conflito. 5. Ponto Focal. I. Borenstein,  
Denis, orient. II. Título.

Luiz Marcelo Berger

UM MODELO MULTIAGENTE PARA ANÁLISE DA INTERAÇÃO DINÂMICA E  
ESTRATÉGICA DE AGENTES SOCIAIS

Conceito Final:

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

---

Profa. Dra. Luciana Yeung Luk Tai – INSPER / SP

---

Prof. Dr. Cássio Cavalli – FGV / RJ

---

Prof. Dr. João Luiz Becker - UFRGS

---

Orientador: Prof. Dr. Denis Borenstein - UFRGS

*"Nature doesn't know chance. It operates on mathematical principles.*

*As I have said so many times, God doesn't play dice with the world."*

Albert Einstein<sup>1</sup>

*"Para ti, Pai."*

---

<sup>1</sup>Durante conversa em 1943 com William Hermanns, registrada em sua obra *Einstein and the Poet*. In

## AGRADECIMENTOS

Ao Espírito Divino em mim. Início, meio e fim deste trabalho.

À Nenê, minha mãezinha, e meus irmãos Marco e Dani, pelo apoio incondicional, ontem, hoje e sempre.

À Giácomo Balbinotto Neto, mestre, amigo e parceiro em todas as horas por seu entusiasmo e incentivo desde o primeiro dia em que nos conhecemos.

À André Bittencourt do Valle, irmão e amigo de uma vida, companheiro de todas as jornadas, pelo apoio e amizade incondicionais em todos momentos compartilhados.

À Robert D. Cooter, pelo seu entusiasmo, amizade, ensinamentos e conselhos na minha estada como *Visiting Scholar / Researcher* na Berkeley Law School (Boalt Hall), University of California, Berkeley.

À Denis Borenstein, pela confiança depositada ao longo da minha vida acadêmica no Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola de Administração da UFRGS.

À Gládis Bordin, amiga, irmã e conselheira nas horas mais improváveis, por todos os momentos de acolhimento e orientação nos momentos de dificuldade e pelo permanente enriquecimento espiritual, pessoal e profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola de Administração da UFRGS, centro de excelência e conhecimento público e gratuito por me conceder esta oportunidade de convivência e aprendizado com seus professores e funcionários.

À CAPES e CNPq, pelo apoio concedido desde minha chegada ao PPGA / EA / UFRGS até minha estadia em um dos maiores centros de excelência e conhecimento do mundo na Universidade da Califórnia em Berkeley.

À todos os meus queridos amigos eternamente guardados com carinho em meu coração.

## RESUMO

A criação, concepção e produção de normas jurídicas não possuem uma metodologia de análise da sua dinâmica e dos efeitos que projetam no tecido social ao qual são direcionadas, pois a visão clássica das leis está vinculada à sua dimensão coercitiva ou normativa. Um modelo conceitual da dinâmica das instituições a partir dos efeitos provocados nas interações sociais dos agentes representa uma proposta de tratamento sistemático e integrado destes temas. A tese consiste na suposição de que efeitos estratégicos e comportamentais interferem dinamicamente na eficácia institucional dos regulamentos formais propostos para organizar a ação social, devendo, portanto, ser incluídos entre os elementos essenciais na sua concepção, pois representam fonte de incerteza nas interações entre os agentes, não contempladas nas dimensões clássicas de análise.

O trabalho é constituído de três partes principais. Na primeira é caracterizado o problema da concepção e produção de normas jurídicas e sua importância e impacto em termos de eficiência, custo social e coordenação das interações sociais. Na segunda parte são revisados os principais referenciais teóricos relacionados ao tema, com ênfase na conexão dinâmica entre o ambiente institucional e o mecanismo de interação social estratégico dos agentes. Na terceira parte são definidos a metodologia e o modelo conceitual da tese com base na relação estabelecida entre os preceitos da economia institucional e da teoria dos jogos. Adicionalmente, introduz-se o conceito de ponto focal da norma jurídica como elemento fundamental de coordenação das estratégias dos agentes na ação social.

Com o objetivo de testar a adequação da proposta foi desenvolvido um modelo computacional com base em sistemas multiagentes, consistindo no mecanismo de validação experimental da tese apresentada. Neste sentido, foram realizados experimentos computacionais na direção de comprovar empiricamente a metodologia proposta e a necessidade de englobar aspectos estratégicos e comportamentais na dinâmica das instituições e, portanto, no processo de análise, concepção, estruturação e produção de normas jurídicas.

**Palavras-chave:** Normas Jurídicas, Ponto Focal, Instituições, Teoria dos jogos, Sistemas Multiagentes.

## ABSTRACT

There is no specific methodology that deals with the process of conceiving and producing legal rules and analyses its effects and dynamics within the social structure they are directed for. A conceptual methodology and a multiagent model represent a systematic and integrated attempt to address the issue. The thesis proposes that strategic and behavioral effects affects institutional dynamics playing an important role in terms of the efficiency of legal commands towards social action, adding extra uncertainty to agents' interaction.

This work is segmented in three main parts. The first one deals with the problem of legal rules conception and production, analyzing its importance and impact in terms of the efficiency, social cost and coordination of social interaction. The second part is a literature review with a special attention to micro-macro dynamics. In the third part the conceptual model of the thesis is formalized, establishing the connection between the theoretical framework of institutional economics, game theory and the law. This chapter introduces the concept of focal point of law as a key element to enable agents' coordination. A multiagent model has been designed to test the adequacy of the conceptual model as proposed in the thesis. A computational experiment has been performed as an attempt to empirically validate the thesis arguments.

**Key-words:** Legal rules, Focal Point, Institutions, Game Theory, Multiagent Modeling and Simulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do Modelo Conceitual proposto.....	64
Figura 2 – A tomada de decisão de litigar.....	68
Figura 3 – .A decisão de litigar em relações de consumo.....	74
Figura 4 – Interação Estratégica sem Coordenação.....	75
Figura 5 – A Norma Jurídica criando Ponto Focal de Coordenação.....	77
Figura 6 – Interação Estratégica no Sistema Bancário.....	79
Figura 7 – A Norma Jurídica como Ponto Focal de Coordenação.....	81
Figura 8 – Interação Estritamente Competitiva.....	85
Figura 9 – Efeito Estratégico da Norma Jurídica no tempo.....	90
Figura 10 – Atribuição Dinâmica de recompensas no modelo multiagente.....	91
Figura 11 – Interação com os Vizinhos no Ambiente NetLogo 5.0.1. ....	91
Figura 12 – A Sociedade Artificial no Ambiente NetLogo 5.0.1. ....	94
Figura 13 – Estratégia Vermelha Invadindo a Azul.....	126
Figura 14 - Estratégia Vermelha Invadindo a Azul.....	127
Figura 15 - Sistema em Equilíbrio.....	127
Figura 16 - Sistema em Equilíbrio.....	128
Figura 17 – Estratégia Azul Invadindo a Vermelha.....	128
Figura 18 - Estratégia Vermelha Invadindo a Azul.....	129
Figura 19 - Estratégia Vermelha Invadindo a Azul.....	129
Figura 20 - Estratégia Vermelha Invadindo a Azul.....	130
Figura 21 - Estratégia Azul Invadindo a Vermelha.....	130
Figura 22 – Painel de Controle do Simulador.....	137

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 10%.....	99
Gráfico 2 – Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 20%.....	100
Gráfico 3 – Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 30%.....	100
Gráfico 4 – Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 40%.....	101
Gráfico 5 – Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 50%.....	101
Gráfico 6 – Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 60%.....	102
Gráfico 7 - Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 70%.....	102
Gráfico 8 - Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 80%.....	103
Gráfico 9 - Percentual Inicial Utilizando estratégia Azul de 90%.....	103
Gráfico 10 – Rodadas para atingir o Equilíbrio com 10%.....	105
Gráfico 11 - Rodadas para atingir o Equilíbrio com 20%.....	105
Gráfico 12 - Rodadas para atingir o Equilíbrio com 30%.....	106
Gráfico 13 - Rodadas para atingir o Equilíbrio com 40%.....	106
Gráfico 14 - Rodadas para atingir o Equilíbrio com 50%.....	107
Gráfico 15 - Rodadas para atingir o Equilíbrio com 60%.....	107
Gráfico 16 - Rodadas para atingir o Equilíbrio com 70%.....	108
Gráfico 17 - Rodadas para atingir o Equilíbrio com 80%.....	108
Gráfico 18 - Rodadas para atingir o Equilíbrio com 90%.....	109
Gráfico 19 – Intervalos Máximo e Mínimo de $\alpha$ .....	110
Gráfico 20 – Valores Máximo e Mínimo para atingir o Equilíbrio.....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo Computacional no Protocolo ODD.....	132
Tabela 2 – Protocolo ODD.....	136
Tabela 3 - Descrição das Estratégias de simulação.....	137

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	Motivação.....	13
1.2	Apresentação do Problema.....	15
1.3	Justificativa.....	17
1.4	Objetivos.....	18
1.4.1	Objetivo Geral.....	18
1.4.2	Objetivo Específico.....	19
1.5	Metodologia.....	19
1.6	Delimitação do escopo do trabalho.....	22
1.7	Contribuição do Trabalho.....	23
1.8	Estrutura do Trabalho.....	23
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	25
2.1	Introdução.....	25
2.2	<b>O Sistema Jurídico</b> .....	25
2.2.1	O Contrato Social e o Sistema Jurídico.....	27
2.2.2	O Agente difuso, indeterminado e não identificável.....	27
2.2.3	Instituições: Normas Formais e Normas Sociais .....	29
2.2.4	Processos Evolucionários e Instituições.....	31
2.3	<b>Porque Agentes Obedecem às Leis</b> .....	33
2.3.1	Dimensão normativa: Lei como expectativa de Conduta.....	33
2.3.2	Autoridade x Legitimidade.....	34
2.3.3	A Lógica da Ação Coletiva e a Escolha Social.....	35
2.4	<b>Comportamento Estratégico e a Norma Jurídica</b> .....	38
2.4.1	O Contrato Social e as Interações dos Agentes.....	38
2.4.2	Interação Social como Jogo.....	42
2.4.3	Ameaças e Compromissos Críveis.....	46
2.4.4	Dilema do Prisioneiro e Caça ao Cervo.....	47
2.4.5	Conceito de Ponto Focal ou Ponto de Schelling.....	49

2.5	<b>Sistemas Multiagentes e Comportamento Estratégico.....</b>	51
2.5.1	Introdução.....	51
2.5.2	Aplicações de Sistemas Multiagentes e Teoria dos Jogos.....	52
2.6	Conclusões.....	56
3	<b>MODELO CONCEITUAL DA DINÂMICA DAS INSTITUIÇÕES.....</b>	58
3.1	Introdução.....	58
3.2	O Ponto Focal e a Norma Jurídica.....	58
3.3	Efeitos Estratégicos das Normas Jurídicas.....	61
3.4	Normas Jurídicas Discriminadoras.....	66
3.5	Normas Jurídicas Coordenativas.....	74
3.6	Normas Jurídicas Dissuasórias.....	81
3.7	Conclusões.....	87
4	<b>IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL.....</b>	88
4.1	Introdução.....	88
4.2	Estrutura Computacional do Modelo.....	88
4.3	Discussão.....	95
4.4	Resultados Computacionais.....	97
4.5	Análise de Resultados.....	109
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	112
5.1	Resumo do Trabalho.....	112
5.2	Contribuições.....	112
5.3	Limitações.....	114
5.4	Trabalhos Futuros.....	115
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	116
	<b>APÊNDICE 1 EXEMPLOS DE SIMULAÇÃO.....</b>	126
	<b>APÊNDICE 2 SIMULADOR NO PROTOCOLO ODD.....</b>	131
	<b>APÊNDICE 3 PAINEL DE CONTROLE.....</b>	137

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação

*O Homem é ele mesmo e suas circunstâncias*

*Ortega Y Gasset*

Políticas tributárias, de proteção ao meio ambiente, relações de consumo, incentivo aos pequenos negócios, condutas criminosas, segurança pública possuem em comum forte impacto social e econômico, consumindo valor expressivo das rubricas oficiais que alocam recursos públicos do orçamento do estado.

Todas têm alcance e influência no comportamento de milhões de pessoas e organizações. As múltiplas demandas oriundas destes agentes sociais são encaminhadas a partir de decisões tendo em vista a disponibilidade finita de recursos. O instrumento de alocação dos recursos, no entanto, é sempre o mesmo: as leis. A norma jurídica formal é o instrumento por excelência utilizado para encaminhar todas as questões relacionadas à intervenção no domínio social e econômico nas sociedades modernas.

Definem-se normas jurídicas como instituições formais explícitas (NORTH, 2005). São imprescindíveis na organização dos diversos tecidos sociais. No Brasil não existe estatística consolidada oficial sobre o número de normas atualmente existente, pois este varia diariamente, mas estima-se que seja maior que um milhão delas em vigor, gerando efeitos entre indivíduos, organizações, órgãos de estado, públicos ou privados.

Leis mal concebidas geram ineficiência, incerteza, insegurança e confusão de interpretação que deságuam inevitavelmente em mais conflitos. O problema é que normas jurídicas não existem no vácuo da sociedade, mas em constante conexão com os agentes aos quais são destinadas, gerando permanente interação dinâmica entre os comandos formais e as práticas cotidianas dos agentes sociais.

Normas sociais são tácitas, não formais e não são escritas. São convenções, hábitos, costumes, tradições (ALMEIDA, 2012) e outros traços

que legitimam, reforçam, temperam ou simplesmente revogam normas jurídicas e sua eficácia na rotina diária dos indivíduos e organizações, quando ocorre um choque entre ambas na dinâmica social.

As conseqüências da dificuldade de coordenação dos agentes implicam em aumento do custo social, excesso de burocracia, congestionamento da justiça<sup>2</sup>, demora na resolução dos conflitos e desperdício de escassos recursos. O desenho institucional é decisivo na organização do esforço coletivo e na forma como os recursos produzidos são distribuídos (ACEMOGLU e ROBINSON, 2012, SACHS, 2012, KUZNETS, 1983).

North (2005) destaca que o referencial analítico proposto pela teoria econômica clássica não se mostra capaz de oferecer a compreensão do fenômeno da mudança econômica e, por conseqüência, social, revelando que a dinâmica institucional ainda é um processo que necessita mais aprofundamento. Correntes de análise evolucionárias (HODGSON E KNUDSEN, 2010, HODGSON, 2007, 2006, 1998, 1998b, KNUDSEN, 2002) oferecem o referencial darwiniano como um caminho para entender este processo econômico-social, analisando fenômenos sociais usando instrumental pertinente às ciências biológicas.

O presente trabalho propõe um modelo de análise das normas jurídicas a partir dos efeitos estratégicos gerados nos agentes sociais pela dinâmica das instituições tácitas e explícitas e, posteriormente, um modelo de simulação baseado em agentes (WILENSKY, 2002, 1999) para tentar validar empiricamente o modelo conceitual proposto nesta tese, suportados pelos referenciais teóricos da análise econômica do direito (COOTER e ULEN, 2010, POSNER, 2011), da economia institucional (CONCEIÇÃO, 2007, 2002, 2001, HODGSON, 2007, 2006, 1998, NORTH, 1991, 1990) e modelagem baseada em simulação multiagente (RUSSELL e NORVIG, 2010, WILENSKY, 2002, 1999, WOOLDRIDGE, 2002). O formalismo de análise do comportamento estratégico dos agentes é realizado através dos fundamentos da teoria dos jogos<sup>3</sup> (BIERMAN e FERNANDEZ, 2011, SHOHAM e LEYTON-BROWN, 2009,

---

<sup>2</sup> Dados do CNJ (2012) apontam a existência de mais de 90 milhões de processos judiciais tramitando em todas as esferas e instâncias da justiça brasileira. Ou seja, existe aproximadamente um processo judicial nos tribunais brasileiros para cada dois habitantes.

<sup>3</sup> Também referida como ou teoria da decisão interativa ou dos jogos de estratégia.

FIANI, 2006, DIXIT e SKEATH, 1999), uma vez que os agentes sociais tomam suas decisões levando em consideração as decisões tomadas por outros agentes em interação. Em modelos baseados em agentes os processos emergentes observáveis no ambiente macro decorrem das múltiplas interações entre os agentes no nível micro, a partir de regras simples de interação (RAILSBACK e GRIMM, 2012). A utilização de sistemas de simulação é justificada pela complexidade da ação social (CASTELLANI e HAFFERTY, 2009; JOHNSON, 2007), ao revelar multiplicidades de relações estratégicas, conforme os incentivos institucionais incidentes na sociedade, tanto formais como não formais.

## 1.2 Apresentação do Problema

Para que servem normas jurídicas? Qual a função das leis em uma sociedade? Qual a sua dinâmica de atuação no meio social? A sanção ou punição é o meio mais eficiente para incentivar ou desincentivar o comportamento dos agentes? Existe métrica possível para uma norma jurídica? Qual o motivo que leva um agente a reconhecer a legitimidade de uma norma jurídica e obedecê-la? A sanção potencial (BECKER, 1976, 1968) ou sua legitimidade (LICHT, 2008, TYLER, 2006) ? Qual o papel que hábitos, convenções, costumes e tradições culturais (HODGSON, 2007, 2006, 2003, 1998, ALMEIDA, 2012), desempenham na internalização de obrigações morais (COOTER, 1998, 2000, POSNER, 2000)? Qual a importância do estado (RAWLS 2002, RAZ, 2012) na aplicação das normas jurídicas?

Normas sociais (POSNER, 2000) independem da ação ou coação externa, pois representam formas de convivência compartilhadas e internalizadas (COOTER, 2000). A interação estratégica dos agentes sociais, avaliando dinamicamente custos e benefícios provoca efeitos emergentes no nível macro, no qual a prevalência de uma ou outra, ou combinação de ambas ocorre dinamicamente no meio social e irradia seus efeitos na sociedade conforme os agentes interagem entre si. Trata-se, portanto, de um processo dinâmico, estratégico e constante.

Entender o significado do que seja *produzir normas jurídicas* representa focar menos no aspecto material e mais em aspectos formais que permitam aferir antecipadamente a qualidade das normas que estão sendo criadas. Entender a norma jurídica como um *produto* final significa aplicar aos seus processos de concepção métodos analíticos de sistematização e de auditoria que permitam validar e verificar os quesitos que estão incorporados ao texto antes de entrarem em vigor, buscando metodologicamente reduzir problemas futuros ou efeitos secundários que poderiam ser perfeitamente antecipados, caso fossem identificados no seu devido tempo, durante seu processo de concepção.

Portanto, focar na metodologia de concepção de regras jurídicas direciona a atenção mais para o aspecto instrumental e metodológico de sua concepção do que para o seu conteúdo <sup>4</sup>. Kaplow (PARISI, 2012)<sup>5</sup> propõe duas dimensões de análise fundamentais das normas jurídicas: 1) o seu grau de precisão, detalhamento e complexidade <sup>6</sup> e 2) o momento temporal em que as normas devem ter eficácia, seja a partir de sua promulgação, caso em que cada aspecto deve estar previsto antecipadamente ou *a posteriori*, quando a regra mais aberta permite mais flexibilidade na sua interpretação ao caso concreto. O autor sintetiza as funções das instituições formais em (a) direcionar (canalizar) o comportamento dos agentes<sup>7</sup>, (b) prover regras de suporte e (c) definir obrigações e benefícios, destacando outras dimensões além do aspecto normativo do formalismo sistemático proposto por Raz (2012), que define um sistema jurídico a partir da sua dimensão coercitiva e normativa.

O modelo analítico proposto neste trabalho propõe que normas jurídicas compõem um sistema complexo que combina objetivos específicos que atuam dinamicamente no comportamento dos agentes: coordenar a ação social, facilitando a cooperação e sancionar condutas indesejadas dos agentes, para impedir, prevenir ou punir comportamentos, ambos de acordo com as premissas que constituem os fundamentos do contrato social e discriminar

---

<sup>4</sup> A dimensão material da norma jurídica está relacionada especificamente ao grau de detalhamento e especificidade sobre o objeto tratado, ou seja, uma dimensão interna de análise, enquanto a forma trata de aspectos externos relacionados a conceitos e critérios de modelagem.

<sup>5</sup> Louis Kaplow, *General Characteristics of Rules* in Parisi (2012, pp.18-42)

<sup>6</sup> Precisão, detalhamento e complexidade não são sinônimos, particularmente na elaboração de comandos legais (Parisi, 2012).

<sup>7</sup> *Channeling behavior* (Parisi, 2012, p.18)

agentes, diferenciando-os uns dos outros. A função de coordenação da ação social depende da norma jurídica ser capaz de sinalizar pontos focais através de sua função expressa (COOTER, 1998, 2000, McADAMS, 2000, SUNSTEIN, 1996). A função de punição está relacionada ao conceito clássico de norma jurídica como preço (COOTER e ULEN, 2010, POSNER, 2011), capaz de incentivar ou desincentivar condutas através de imposição de sanções. A discriminação entre agentes impõe cenários nos qual determinado privilégio ou benefício é concedido independente da vontade do agente não-beneficiado. Nenhuma norma jurídica, portanto, atua de forma isolada em uma sociedade complexa, mas como parte de um conjunto que engloba vários tipos incidentes, atuando conjuntamente com normas sociais tácitas.

Desenvolve-se, além do modelo analítico, um modelo computacional multiagente que formaliza a dinâmica institucional de normas formais explícitas, normas sociais tácitas e interação estratégica como mecanismo funcional da ação social dos agentes a partir de sua compreensão como instrumento de alocação de incentivos em um *jogo social*.

### 1.3 Justificativa

O custo de concepção e formulação de normas ineficientes não possui metodologia específica de avaliação, pois o escopo de análise pode variar consideravelmente conforme o objetivo ao qual a norma se refere. A abordagem mais comum baseia-se em “tentativa e erro” *post facto*, ou seja, retrospectivo, sem necessariamente observar qualquer método sistemático de modelagem ou formulação, quanto menos verificar ou validar hipóteses previamente em relação ao comportamento estratégico dos agentes.

A tomada de decisão direcionada ao coletivo tem grande custo social agregado (GAERTNER, 2006, CRAVEN 1992) pois representa uma escolha por um curso de ação em detrimento de outro em face dos recursos sempre finitos em contraposição às demandas.

Um modelo conceitual e, posteriormente, um modelo computacional multiagente que possibilite simular os efeitos da incidência da norma jurídica em um sistema social complexo pode lançar nova perspectiva de análise dos

fenômenos sociais e econômicos, pois torna possível estudar comportamentos emergentes em ambientes artificiais de modelagem e simulação *a priori*, de forma prospectiva, permitindo a análise simultânea de diversas variáveis intervenientes em determinado cenário, decorrentes das múltiplas incidências legais, oferecendo substancial economia de recursos e potencializando a produção de normas mais objetivas, simples e eficientes.

#### 1.4 OBJETIVOS

Desenvolver um modelo para a análise da dinâmica das instituições na sociedade a partir de três eixos conceituais fundamentais: 1) normas formais explícitas, representadas por leis e regulamentos escritos, 2) normas sociais tácitas, representadas por normas de convivência, como hábitos, costumes, convenções, tradições em todas as suas manifestações e 3) mecanismo estratégico de interação entre os agentes.

Busca-se também a construção de um protótipo de ferramenta de apoio à decisão de modelagem e simulação dos efeitos dinâmicos das instituições nos agentes a partir da identificação empírica de suas preferências e expectativas como meio de indução das suas estratégias de conduta, facilitando o processo de produção de normas jurídicas eficientes, validáveis, verificáveis e auditáveis antes de sua vigência real, utilizando como instrumento de análise de cenários, sistemas de simulação em computador, otimizando assim o custo social agregado decorrente da aplicação de normas jurídicas.

##### 1.4.1 Objetivo Geral

Formalizar a dinâmica das instituições formais e sociais permitindo analisar sua influência no comportamento estratégico dos agentes durante sua interação social.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um modelo conceitual e um modelo multiagente que represente a dinâmica da interação estratégica de agentes sociais.
- Desenvolver um protótipo de programa multiagente que permita realizar experimentos de simulação das interações sociais estratégicas dos agentes, em relação à incidência de normas explícitas formais e normas tácitas informais e observar os equilíbrios emergentes, a partir do comportamento estratégico dos agentes.

#### 1.5 Metodologia

A metodologia escolhida para realizar o trabalho é a experimental, pois permite estabelecer hipóteses a partir de um modelo teórico e posteriormente analisar relações de causalidade entre variáveis em testes controlados em laboratório.

A sistemática permite ao investigador analisar o problema, construir suas hipóteses e manipular os possíveis fatores – as variáveis – que se referem ao fenômeno observado. A facilidade de manipulação na quantidade e qualidade das variáveis proporciona o estudo de relações de causa e efeito de determinado fenômeno, sendo possível controlar e avaliar os resultados dessas relações. O método permite manter constantes todas as causas, menos uma, que sofre variação para se observar seus efeitos, caso existam.

Hair, Babin, Money e Samouel (2006) observam que a pesquisa experimental procura entender de que modo ou por que causas o fenômeno é produzido. Para encaminhar a questão proposta, as variáveis independentes são manipuladas de forma a tornar perceptíveis as relações existentes entre estas e as variáveis dependentes envolvidas no objeto de estudo, observando e interpretando as reações e modificações ocorridas no objeto de pesquisa.

O experimento e a interpretação devem estar fundamentados teoricamente, devendo explicitar a casuística e os métodos, no caso de experimentos sociais. A pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e

definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

No caso de experiências com simulação social (pessoas, grupos ou instituições), os sistemas multiagentes se revelam mais flexíveis e úteis (GILBERT e CONTE, 1995). Gilbert e Troitzch (2011) observam que a simulação baseada em agentes se mostra adequada para lidar com a complexidade (HAMILL, 2010) que decorre das diversas interações e inter-relações entre os atores do modelo, características do sistema real que a originou. As definições mais recentes de simulação social procuram empregar conceitos derivados da teoria dos sistemas e da teoria da complexidade (CASTELLANI e HAFFERTY, 2009).

Segundo Gilbert e Troitzch (2011), a simulação social é uma forma de entender os processos sociais, porque se fundamenta na idéia da emergência do comportamento complexo a partir de atividades relativamente simples, sendo que a emergência ocorre quando interações entre objetos em um nível geram diferentes tipos de objetos em outros níveis. Segundo os autores, a teoria da complexidade mostra que, mesmo que haja entendimento completo dos fatores que afetam a ação individual, isso não é suficiente para prever o comportamento institucional ou do grupo. Portanto, diante da complexidade que o tema oferece, propor um modelo baseado em agentes revela-se um esforço adequado e pertinente.

Diante disso, a metodologia de pesquisa deste estudo percorreu as seguintes etapas:

- Formulação do problema – a dinâmica das instituições como fenômeno social complexo relacionando simultaneamente múltiplas variáveis. As variáveis intervenientes se relacionam entre si permanentemente, não podendo ser isoladas de seu contexto. Aliado a isso, observa-se que normas jurídicas formais provocam diferentes efeitos nas condutas dos agentes. Os referenciais teóricos de análise legal não demonstram ser capazes de analisar adequadamente os diversos impactos ocorridos durante a interação dos agentes no meio social.

- Desenvolvimento do modelo conceitual – o modelo conceitual explicita o comportamento estratégico dos agentes que ocorre nas interações sociais. As normas jurídicas interferem nas condutas em formas distintas, reordenando as preferências e, portanto, de suas estratégias de ação escolhidas, a partir de categorias bem definidas.
- Desenvolvimento do modelo computacional – a representação formal do modelo é composta de dois direcionadores de estímulos independentes e um mecanismo de interação entre os agentes, sem diferenciar tipos de agentes. A tomada de decisão realizada por cada agente em interação está relacionada com as vantagens obtidas no uso de uma estratégia de ação arbitrária ou de outra. Nesta fase, optou-se pela abordagem multiagente e pela plataforma NetLogo 5.0.1 (WILENSKY, 2002, 1999);
- Validação do modelo – a validação do modelo tem por objetivo aproximar ao máximo os resultados obtidos em simulação com o sistema real, a partir do referencial teórico utilizado. O modelo foi concebido para permitir a manipulação de duas dimensões de incentivos institucionais propostos pelas normas jurídicas. Algumas limitações foram impostas para a validação, restringindo-se o experimento à sua capacidade de manipular separadamente as categorias distintas de incentivos que permitam observar os fenômenos emergentes decorrentes da sua dinâmica;
- Experimentação – utilização da plataforma NetLogo 5.0.1 (WILENSKY, 2002, 1999) para testar as hipóteses propostas a partir do referencial teórico e do modelo conceitual desenvolvido e verificar se os resultados obtidos foram consistentes, especialmente no que diz respeito aos efeitos dinâmicos dos incentivos institucionais e do mecanismo de interação estratégica dos agentes em suas interações sociais, baseado nos referenciais da teoria dos jogos.

## 1.6 Delimitação do escopo do trabalho

O escopo das normas jurídicas objeto de análise no modelo está limitado àquelas direcionadas a agentes difusos, indeterminados e não identificáveis em uma população. Exemplos deste tipo de norma são os regulamentos que tratam de proteção aos bens e patrimônio públicos, relações de consumo, proteção ao meio ambiente e normas penais de proteção à vida e à integridade da pessoa humana.

Modelos de simulação baseados em agentes possuem limitações nos resultados apresentados. Bowles e Gintis (2011) mencionam que as premissas utilizadas e os dados usados como parâmetros devem ser cuidadosamente coletados e validados, para que o modelo seja capaz de oferecer informações consistentes com o sistema real.

A aplicação do modelo desenvolvido neste trabalho delimita suas conclusões à sua capacidade de reproduzir computacionalmente o modelo analítico proposto na tese sobre a dinâmica das instituições e sua conexão com o comportamento estratégico dos agentes e os efeitos emergentes decorrentes.

Desta forma, o modelo separa os estímulos propostos por normas jurídicas em duas categorias independentes, cuja interação somente é realizada dinamicamente e aleatoriamente no curso do experimento e explicita o mecanismo de interação estratégica, como base na teoria dos jogos, como método de tomada de decisão do agente individual, interligando as normas sociais à interação ao confrontá-las como normas jurídicas pela teoria do contrato social .

## 1.7 Contribuição do Trabalho

A influência e o impacto das instituições na sociedade tem tido sua importância reconhecida pelo *mainstream* da academia através da grande quantidade de trabalhos publicados nas melhores bases de dados acadêmicas como EBSCO e Web of Science. Sua abordagem proporciona pesquisas não só em Administração, mas na Economia, Direito e métodos de modelagem e simulação em Ciências da Computação, tendo portanto característica interdisciplinar.

A contribuição principal do trabalho consiste no desenvolvimento de um modelo conceitual para a análise dos efeitos das instituições no comportamento estratégico dos agentes e de um modelo de simulação baseado em agentes, pois sua proposta é inédita ao associar os referenciais teóricos propostos a um ambiente de inteligência artificial de modelagem e simulação.

## 1.8 Estrutura do trabalho

A proposta deste trabalho reúne conceitos de campos do conhecimento como modelagem e simulação, análise econômica das instituições e do direito e fundamentos de comportamento estratégico dos agentes. Os capítulos foram organizados no sentido de construir uma seqüência coerente entre a fundamentação teórica proposta pelos campos de conhecimento distintos entre si e a proposta da tese. Assim, o trabalho está organizado da seguinte forma: no capítulo 1 são apresentadas as bases e motivações da pesquisa, nas quais é destacada a conexão interdisciplinar dos temas que correspondem aos fundamentos teóricos de análise institucional associados ao método econômico e de modelagem e simulação computacional por sistemas multiagentes.

No capítulo 2 são detalhados os fundamentos que formam a base teórica de concepção do modelo de simulação desenvolvido. Nesta seção são revisados os referenciais teóricos que estruturam o modelo buscando contextualizar cada tema com o objetivo do trabalho.

No capítulo 3 é desenvolvido o modelo conceitual objeto do trabalho no qual as normas jurídicas são analisadas a partir dos efeitos que geram no comportamento dos agentes, com especial ênfase na introdução do conceito de ponto focal no âmbito da norma jurídica.

No Capítulo 4 é apresentada a implementação computacional multiagente que representa o modelo conceitual proposto no capítulo anterior com base nas hipóteses teóricas de atuação conjunta das normas formais explícitas e normas sociais tácitas e no mecanismo estratégico de interação que modela o comportamento dos agentes. Neste capítulo também são realizados experimentos computacionais para tentar validar as hipóteses previstas no modelo conceitual. No capítulo 5 são feitas as considerações finais e as propostas para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Introdução

A revisão de literatura foi realizada focando em três aspectos teóricos principais que compõem os fundamentos da metodologia proposta, agregando conceitos da teoria dos sistemas jurídicos, do contrato social e das instituições e sua conexão com o ambiente de interação estratégica dos agentes através dos referenciais da teoria dos jogos. O referencial teórico utilizado na concepção do modelo computacional é revisado através de seus principais conceitos e de uma seleção de trabalhos realizados sobre sistemas multiagentes que aplicam tais conceitos em simulação social.

### 2.2 O Sistema Jurídico

Normas jurídicas são tão antigas quanto a sociedade (BOBBIO, 1999, ALVES, 1995). Ao elaborar uma teoria dos sistemas jurídicos Raz (2012) sintetiza três características fundamentais que devem estar presentes em qualquer situação de forma a identificá-los plenamente. Normas jurídicas, enquanto fenômenos coletivos devem ser *normativas, institucionalizadas e coercitivas*. Estas características intrínsecas são a base de fundamentação do contrato social, tendo no agente e na sua capacidade de tomar decisões o ponto principal para a observação de fenômenos emergentes decorrentes da ação social.

Um sistema jurídico, sendo consequência do contrato social, deve contemplar uma série de atributos que lhe permitam oferecer respostas para a convivência em sociedade, alargando o alcance dos conceitos propostos por Raz (2012) de tal forma que efetivamente produzam resultados práticos na vida dos agentes sociais. A complexidade surge quando não somente a quantidade de elementos interagindo é grande, como a sua interdependência torna-se crítica para o funcionamento do sistema.

Sistemas complexos são compostos por uma grande quantidade de elementos constituintes que interagem entre si, mas não de uma maneira simples ou singela (SIMON, 1962), representando uma sofisticação da teoria

dos sistemas (MEADOWS, 2008, BERTALANFFY, 1977, MACIEL, 1974). Complexidade é uma característica constitutiva do sistema (ANDRADE, SELEME, RODRIGUES e SOUTO, 2006), sendo que a retirada de uma parte, supostamente pequena ou insignificante, altera completamente o funcionamento do sistema, ou até mesmo impedindo que isto aconteça definitivamente (MILLER e PAGE, 2007).

Sistemas complexos provocam fenômenos emergentes a partir da interação coletiva dos agentes, que se diferencia da sua atuação individual (JOHNSON, 2007). A multiplicidade de partes interagindo possui a habilidade de gerar comportamento coletivo macroscópico emergente com características únicas de espontaneidade em distintas estruturas funcionais, espaciais e temporais, não observáveis em nível microscópico (CASTELLANI e HAFFERTY, 2009).

O agente destinatário da norma jurídica atualmente é definido como o “homem médio”<sup>8</sup>, uma ficção para definir quais características comuns devem ser encontradas e que definem seu comportamento, como idade, escolaridade, estado civil, renda, número de filhos, entre outros, conforme o objeto de interesse de estudo.

Luhmann (2004) observa que a única função de um ordenamento jurídico é estabilizar expectativas sociais e para este fim, o elemento coerção é apenas um dos instrumentos disponíveis, pois de forma institucional, não existe nenhum outro sistema racional e estruturado da sociedade que possa realizar a mesma função, pois seus efeitos não são obtidos de forma imediata na medida em que a comunicação entre os agentes na sociedade estabelecem pontes no tempo entre passado, presente e futuro, agindo assim sobre as expectativas dos agentes.

Portanto, um sistema jurídico, na forma como descrito por Luhmann (2004) representa uma interpretação distinta dos efeitos das normas jurídicas no contexto social. Seu caráter normativo, conforme Raz (2012) destaca, deve ser entendido como “expectativa de normatização”, pois tal efeito ocorre

---

<sup>8</sup>É recorrente a utilização da expressão “homem médio” para definir as características que supostamente devem estar presentes em determinadas circunstâncias concretas que permitam extrair conclusões a respeito da conduta de determinada pessoa ou organização frente aquilo que seria esperado que ela fizesse, caso fosse um “homem médio”

somente a partir da aceitação dos agentes sobre a legitimidade dos comando normativos. Da mesma forma, o caráter coercitivo deve ser entendido como “expectativa de sanção”, pois o simples fato de haver previsão de norma jurídica neste sentido, não significa sua aplicação concreta, pois o sistema é construído de diversos mecanismos que se comunicam e que ao final, determinam a eficácia real da norma.

### 2.2.1 O Contrato Social e o Sistema Jurídico

A teoria do Contrato Social precede a existência do sistema jurídico, pois é a fonte originária deste e cobre dois tipos distintos de contratos sociais encontrados já no pensamento grego clássico (BOUCHER e KELLY, 2005). O primeiro trata da origem do estado em si mesmo e o segundo do contrato de governo ou submissão, não tendo em princípio relação com o surgimento da sociedade, mas assumindo que esta já exista e esteja formada (SORELL, 2006). Originalmente, tal contrato prevê os termos nos quais o governante promete proteção enquanto os súditos aceitam sua legitimidade como autoridade e prometem obediência (BOUCHER e KELLY, 2005).

A teoria do contrato social estabelece a função do estado moderno (BOBBIO, 1997) na constituição da burocracia racional (WEBER, 2009, KALBERG, 2005) e seu papel preponderante na organização da vida social, pois até então, o exercício do poder e da autoridade era uma prerrogativa daqueles que possuíam os meios para exercê-la, independentemente de sua legitimidade. A teoria do Contrato Social permite inserir as dimensões da intencionalidade coletiva ao modelo de interação dos agentes, seja como elemento constitutivo do poder sancionador da norma jurídica, seja como elemento de coordenação da ação social.

### 2.2.2 O Agente difuso, indeterminado e não identificável

A proposta de modelo conceitual deste trabalho pressupõe que as normas jurídicas objeto de análise sejam destinadas a agentes sociais que não podem ser individualmente identificados, fenômeno típico da sociedade de massa (CANETTI, 2008).

Entre as diversas situações que se enquadram nestas novas relações sociais destacam-se questões ambientais, relações de consumo, proteção ao patrimônio público, segurança pública, entre outros. Trata-se de direitos ou interesses transindividuais ou metaindividuais, que não podem ser confundidos com os tradicionais direitos individuais e coletivos, ainda que extraiam fundamentos de proteção ao indivíduo que se projetam no ambiente público, de maneira difusa, híbrida, universal e indivisível. São situações novas que não ocorriam nos períodos clássicos da origem do contrato social a partir de um estado soberano organizado e legitimado para impor sua vontade.

Bastos (2010) observa que a essência da discussão encontra-se no fato de que interesses difusos e coletivos não coincidem com interesses individuais, exigindo assim uma dissociação entre o interesse de agir e o direito subjetivo, vale dizer, ainda que individualmente o agente não tenha um direito (ou interesse) subjetivo lesado, há interesse de agir, sobretudo por iniciativa do estado ao abrigar tal demanda.

Direitos ou interesses difusos são chamados de interesses coletivos *latu sensu*, pois são absolutamente indivisíveis e carecem de possibilidade de atribuição individualizada, seja este pessoa, grupo ou organização. Não se equivalem a interesses privados, nem públicos. Não há vínculo ou relação jurídica entre os agentes afetados, reunindo-se estes por mera contingência ou eventualidade. São agentes indeterminados. Esta novidade representa uma ruptura metodológica com as fontes primárias do direito.

Exemplos deste tipo de agregação coletiva aleatória pode ser o compartilhamento de uma determinada região geográfica, por força de domicílio, o consumo de um mesmo produto por grupo ou coletividade, sem nenhuma relação prévia entre cada participante, ou eventualmente o compartilhamento do mesmo ambiente de trabalho. Em tal situação, o coletivo é formado a partir das circunstâncias, não havendo qualquer relação jurídica prévia entre os agentes. O coletivo formado tem, no entanto, um interesse indivisível em comum que afeta a todos e proporciona resultado que será compartilhado entre todos. O exemplo clássico é um dano ou lesão que afete uma comunidade, que inevitavelmente provoca uma conexão entre as vítimas, ainda que difusa e não individualizável.

### 2.2.3 Instituições: Normas Formais e Normas Sociais

A relação dinâmica entre normas formais explícitas e normas sociais tácitas (LESSIG, 1996) é realizada por instituições (NORTH, 1991, 1990). A ação social somente pode ser compreendida a partir de um referencial coletivo e interativo, no qual existe permanente comunicação entre os diversos atores que convivem num ambiente comum a partir de regras de convivência que funcionam como mecanismos coerentes e compreensíveis de alocação e transferência dos diversos recursos disponíveis, seja a partir da coordenação de esforço, seja simplesmente por meio de procedimentos comuns que determinam o que, como e para quem são determinados direitos, deveres e as formas de convivência normalmente aceitas pro um determinado conjunto de agentes sociais.

O conceito de instituições, sintetizado por North (1990) como as “regras do jogo” na sociedade são o reflexo de construções coletivas. Um empreendimento social, em seu sentido amplo, é por definição a antítese de um projeto individual. Significa dizer que em uma sociedade complexa o indivíduo precisa criar mecanismos coletivos capazes de potencializar a ação humana para alcançar determinados objetivos impossíveis de serem atingidos pela iniciativa singular.

É possível, para efeito metodológico, agrupar os campos de investigação em três correntes principais da economia institucional (CONCEIÇÃO, 2002), ainda que outras classificações (DiMAGGIO e POWELL, 2005, SCOTT, 1994a, 1994b) também possam ser aduzidas: o antigo Institucionalismo Norte-Americano de Veblen (HODGSON, 1998b), Commons e Mitchell; a Nova Economia Institucional (NEI) de Coase, Williamson e North; e o Neo-Institucionalismo de Hodgson, Samuels e Rutherford. Existem paralelismos analíticos entre as três grandes correntes e seu papel na dinâmica social, mas inevitavelmente contrastes profundos, particularmente entre os estudiosos na NEI de um lado e os antigos e neo-institucionalistas de outro.

Ainda que instituições sejam constituídas por normas, regras, convenções, hábitos, leis e sua interação social histórica, o agente ativo que determina as mudanças na sociedade é sempre o indivíduo singular tomador de decisão, revelando assim a importância do ambiente microeconômico

composto por firmas, organizações e outras formas de ação coletiva organizada na definição e distintas dimensões de análise do conceito de instituições.

Hodgson (2003), por sua vez, define instituições como sendo um sistema estável de regras sociais estabelecidas em seu interior. Desta forma, todos os mecanismos utilizados para estruturar as relações sociais como língua, dinheiro, sistemas de pesos e medidas, convenções, são todos exemplos de instituições. Um aspecto importante destacado pelo autor e que de certa forma apresenta uma certa contradição com a linha histórica do antigo institucionalismo é que a estabilidade (durabilidade) das instituições criam expectativas estáveis de comportamento dos agentes uns em relação aos outros, pois permitem um pensamento ordenado e comum e expectativas comuns de ação, ao impor formas específicas de comportamento e restrições nas atividades dos agentes sociais.

North (1994) também conceitua instituições como sendo um conjunto de restrições ou limitações impostas pelos homens que permitem a sua interação social<sup>9</sup>. North (1994) separa mecanismos formais (explícitos), como normas jurídicas de mecanismos informais (tácitos), como por exemplo, normas de comportamento (sociais), convenções, códigos de moral e de conduta, hábitos culturais, com suas respectivas características impositivas.

Em seu conjunto, instituições constituem a estrutura de incentivos de uma sociedade. Sendo assim, instituições políticas e econômicas são, de fato, os mecanismos determinantes do desempenho econômico. As mudanças sociais e econômicas de uma sociedade estão associadas ao processo de aprendizado que determina a maneira como as instituições evoluem no tempo. A grande contribuição de North (1994) neste sentido foi estabelecer a conexão com a visão neoclássica de economia através do conceito de custos de transação (WILLIAMSON, 1979, COASE, 1960), pois reconhece que Coase (1960) foi quem primeiro estabeleceu a relação entre instituições, custos de transação e a teoria neoclássica<sup>10</sup>. Em sua argumentação, instituições e a tecnologia em conjunto determinam os custos de transação que são somados aos custos de produção.

---

<sup>9</sup>North (1994, pp.359-360)

<sup>10</sup>North (1994, p.360).

#### 2.2.4 Processos Evolucionários e Instituições

Processos evolucionários são oriundos de estudos relacionados à biologia e tem sido utilizados (HODGSON e KNUDSEN, 2010, KNUDSEN, 2002, WITT, 2010, NELSON e WINTER, 2005) para analisar a dinâmica das relações sócio-econômicas, devido em grande parte à possibilidade de realizar analogias entre processos biológicos darwinianos em ação na evolução de fenômenos sócio-econômicos.

As fontes da corrente evolucionária das instituições têm sido construídas sobre preceitos extraídos das ciências biológicas, com especial atenção para os mecanismos darwinianos de evolução das espécies vivas. Hodgson (2010) tem sido um de seus principais intérpretes e interlocutores, procurando sistematizar de forma coerente a analogia entre processos evolucionários biológicos e sócio-econômicos, bem como suas limitações metodológicas.

Para a corrente evolucionária, a dinâmica das mudanças nas interações sociais e econômicas não pode ser precisamente explicada a partir de conceitos como equilíbrio entre oferta e demanda por produtos e serviços oferecidos em um mercado composto por agentes racionais, e eventualmente egoístas, que procuram maximizar sua utilidade esperada, por ser demasiadamente simplista (NELSON e WINTER, 2005) e desconectada da observação dos fenômenos reais, representando assim a substituição do *individualismo metodológico*, pelo *coletivismo metodológico* (CONCEIÇÃO, 2007).

O núcleo do processo darwiniano envolve obrigatoriamente a presença dos conceitos da variabilidade, seleção e hereditariedade (replicabilidade) que sejam capazes de explicar processos evolucionários de todos os sistemas vivos, muito destes de extrema complexidade.

Um processo darwiniano no contexto sócio-econômico, portanto, deve ser capaz de explicar como entidades sociais e econômicas podem herdar ou replicar determinadas características, analogamente aos processos geneticamente transmitidos em ambiente biológico, pois é fato comprovado que gens tem capacidade de reter e passar informação de forma a causar resposta em outras entidades ou agentes subsequentes. Esta transposição

metodológica é o núcleo da corrente evolucionária do institucionalismo, com repercussões no formalismo como as interações individuais são modeladas (YOUNG, 1998).

Para formalizar uma conceituação darwiniana compatível com estudos sócio-econômicos, Hodgson e Knudsen (2010) propõem que o conceito de hábito é fundamental para realizar tal transposição metodológica, pois representam mecanismos psicológicos fundamentais para o aprendizado e desenvolvimento de habilidades que serão posteriormente replicadas.

Na sua visão, hábitos são a matéria-prima sob a qual são construídos costumes, rotinas, convenções e toda sorte de “replicadores sociais”<sup>11</sup>, pois são persistentes, duradouros e oferecem soluções-padrão para um grande gama de problemas do dia-a-dia. Na verdade, esta perspectiva seria uma alternativa de interpretação das interações entre os agentes no que concerne especificamente à questão do aprendizado, sinalizando que os mecanismos da dinâmica social passariam ao largo da racionalidade instrumental dos agentes e do equilíbrio walrasiano (HODGSON e KNUDSEN, 2010).

A crítica à analogia com os pressupostos darwinianos foi reconhecida por Hodgson (2007) ao afirmar que não existem equivalentes identificáveis à geração de espécies no âmbito da mudança econômica, por exemplo, nas firmas, ainda que Nelson e Winter (2005) sustentem que *rotinas* podem ser herdadas, como equivalente para a transmissão genética de informação. Sobretudo porque a questão da intencionalidade não estar resolvida no modelo darwiniano aplicado aos processos sociais e econômicos. De fato, a intenção deliberada dos agentes remete a um conflito na estrutura do contrato social, como instrumento externo de alteração das regras do jogo e que pode modificar o ambiente de interação dos agentes sociais, invalidando alguns pressupostos clássicos do trinômio variabilidade, seleção e herança, pois não existe precedente no mundo biológico de qualquer situação que se assemelhe a uma estrutura organizada de coordenação/coerção com poder de alterar as regras do jogo independentemente da vontade dos agentes.

---

<sup>11</sup> *Social replicators* (Hodgson e Knudsen, 2010, p.39).

## 2.3 Porque Agentes Obedecem às Leis

### 2.3.1 Dimensão normativa: Lei como expectativa de conduta

Reale (1995) analisa o fenômeno jurídico a partir de sua clássica estrutura tridimensional, na qual toda e qualquer norma jurídica estaria inserida: 1) seu aspecto normativo, ou seja, coincidente com a estrutura proposta por Raz (2012) sobre o ordenamento da conduta dos agentes, 2) o aspecto fático, na qual a ação do agente no meio social deve ter sua repercussão jurídica, gerando conseqüências para si e para os demais a partir de sua repercussão social, coincidindo assim com a visão de Weber (2009) sobre a ação social e por fim 3) o aspecto axiológico, vale dizer, o valor dado por um conceito de justiça ao fato produzido, que tenha dimensão jurídica. Desta forma, Reale (1995) sintetiza sua análise a partir de três fatores que, segundo o autor, estão sempre presentes em qualquer momento no qual se manifeste uma norma jurídica: o fato, valor e a norma:

Uma perspectiva mais realista, no entanto, seria colocar o direito como a possibilidade de realização ordenada e garantida do bem comum ou a possibilidade de ordenação heterônoma, coercível e bilateral atributiva das relações de convivência, segundo uma integração normativa de fatos e valores, pois os fatos demonstram que a mera existência, validade e eficácia da norma jurídica não significam que esta cumpra seu objetivo proposto, pois, em última análise, trata-se apenas e tão somente de uma *expectativa* gerada nos agentes a ela submetidos de que eventualmente um poder externo poderá efetivá-la através de sua dimensão coercitiva (RAZ, 2012).

A análise da norma jurídica a partir de suas definições teóricas clássicas está inserida na categoria do “dever ser”, e não propriamente daquilo que é, pouco explicando do seu real funcionamento em relação às condutas dos agentes. Efetivamente, do ponto de vista concreto, o que interessa de fato é assegurar que os comandos jurídicos formais efetivamente possuam significado real na sua rotina diária, permitindo coordenar suas ações de forma a maximizar seus benefícios e evitar conflitos desnecessários. Esta análise, no entanto, passa ao largo da teoria jurídica tradicional.

### 2.3.2 Autoridade x Legitimidade

A teoria do contrato social tem como premissa que um poder soberano receba autoridade da sociedade para atuar em seu nome, originalmente para proteção e evitar que a natureza humana egoísta leve ao colapso da vida em sociedade. O exercício da autoridade sancionadora é decorrência deste pacto.

No entanto, pesquisas recentes têm demonstrado empiricamente (TYLER, 2006) que a ameaça de sanção não é o principal motivo que levam agentes a cumprir ou obedecer normas formais explícitas (LICHT, 2008). As regras de convívio cotidianas e a normalidade das relações desempenham papel preponderante na aceitação ou não das regras.

Posner (2000) observa que em muitos casos o prejuízo social causado por determinado comando legal deve ser confrontado com a realidade para evitar um estigma social que não pode ser superado pela letra fria da norma jurídica. A diferença entre o certo e o errado é muito dinâmica e contextualizada, tornando o sentido de equidade (RAWLS, 2002) em peça fundamental na construção do contrato social.

Normas sociais tácitas, cotidianas e de convivência contínua (POSNER, 2000) podem temperar drasticamente um comando normativo explícito se estiverem em confronto. Tyler (2006) demonstrou que a variável mais importante que direciona a conduta dos agentes em relação ao cumprimento da lei é a legitimidade, ou seja, a sua consistência com a prática diária da vida das pessoas como sendo justa, moral e razoável. Separou, assim, o caráter instrumental do normativo, demonstrando que o segundo era o responsável pela aceitação ou não de regras de convivência explícitas. A importância do tema pode ser apreciada pelo custo de impor determinado comando se comparado com a aceitação voluntária de determinada regra. Na segunda opção, a função de coordenação das leis seria aferida muito mais pela sua capacidade de influenciar o comportamento dos agentes do que prevenir condutas pela ameaça de punição.

A análise econômica da lei tem sua corrente clássica sustentada no aspecto instrumental da norma (POSNER, 2011, COOTER e ULEN, 2010, SHAVELL, 2004). Em uma vertente mais recente, McAdams (2008) formalizou

a importância do aspecto normativo, e não sancionador, como elemento estrutural da vida em sociedade demonstrando que a norma pode funcionar como ponto focal de coordenação das ações sociais (McADAMS, 2000) a partir do seu valor expresso (COOTER, 2000, 1998, SUNSTEIN, 1996).

O contraste entre o comportamento egoísta e motivações sociais como determinantes do comportamento em sociedade foram analisados por Tyler (2011) para elucidar as motivações que influenciam os agentes a cooperar voluntariamente. Em seus estudos, as normas sociais tácitas e o comportamento das autoridades em relação ao senso de justiça foram preponderantes para determinar o comportamento dominante. O exercício razoável e justo da autoridade, combinado com motivações relacionadas aos hábitos de convívio social que transmitam a mesma percepção são fortes indutores de cooperação voluntária dos agentes.

Desta forma, é razoável assumir que o valor expresso da norma jurídica, facilitando a revelação de pontos focais de coordenação social são mais eficientes que o aspecto instrumental punitivo em termos de alocação eficiente de recursos públicos.

### 2.3.3 A Lógica da Ação Coletiva e a Escolha Social

Olson (2011) propõe que quando um agente pode usufruir de algum bem sem ter que contribuir ou participar de alguma forma na sua obtenção ou preservação, vale dizer, associar um custo marginal para desfrutar do bem público, a ação racional deste agente é justamente não contribuir, ainda que expressamente seja identificado que os custos de cooperação sejam menores do que os benefícios obtidos.

A explicação encontra-se na percepção de que a contribuição marginal do agente é irrelevante para o grupo como um todo, diluindo sua relevância relativa como contribuição para obtenção do resultado coletivo<sup>12</sup>. Assim, desde a perspectiva de maximização da utilidade marginal, o agente não está disposto a incorrer em um custo pela sua contribuição pois a percebe

---

<sup>12</sup>Olson (2011, p.57)

irrelevante para o resultado agregado, sendo instrumentalmente racional que deixe de agir em prol do objetivo comum.

Portanto, se todos os agentes que participam da ação coletiva tem o mesmo raciocínio ao buscar maximizar sua utilidade esperada, o resultado agregado é o colapso ou exaustão do bem público. Na verdade, na ausência de incentivo externo que redirecione as preferências dos agentes, desertar sempre será uma estratégia dominante para cada agente, segundo sua percepção individual de maximização de utilidade. Uma consequência imediata, conforme disposto por Olson (2011), é que nestes casos, o tamanho do grupo interfere diretamente na capacidade de cooperação entre os agentes. Quanto menor o grupo, a cooperação pode ser obtida como mais facilidade, pois um eventual *free-rider*<sup>13</sup> é imediatamente percebido, o que não ocorre em grandes grupos, ou eventualmente, populações.

A análise do agente racional na ação coletiva, portanto pode ser sintetizada num cálculo de custo-benefício que deve incluir os seguintes elementos:

- Custo marginal de fornecer o benefício coletivo.
- Benefício marginal oriundo do bem coletivo disponibilizado.
- Quantidade de benefício coletivo já fornecido.

Em grupos grandes, assim considerados por Olson (2011), se para um determinado agente os benefícios pessoais oriundos do fornecimento de certa quantidade de bem coletivo superam os custos de fornecer, então será vantajoso para ele o fornecimento daquela quantidade de bem coletivo (seja qual for a medida utilizada), ainda que tenha que arcar sozinho com o seu fornecimento e todos os demais se comportem como *free-riders*.

Nestas situações, quaisquer outros membros do grupo cujo custo de produzir qualquer quantidade de bem coletivo exceda os benefícios auferidos, sempre vão pegar carona na ação do agente que está disposto a contribuir para o bem público. Este fenômeno permite entender claramente a diferença de comportamento de grupos pequenos e altamente organizados que

---

<sup>13</sup>*Free-rider* pode ser traduzido como caroneiro, que se aproveita da utilidade disponibilizada sem contribuir para os custos incorridos.

seqüestram o usufruto de bens públicos em detrimento de grupos grandes cuja possibilidade de coordenação é substancialmente menor, permitindo sua exploração por parte dos grupos de pressão pequenos, mas organizados. Adicionalmente, uma vez que grupos pequenos sempre terão uma estratégia estritamente dominante em relação ao grupo grande, normas jurídicas são criadas ou modificadas para não só para preservar como para aumentar o benefício auferido dos bens públicos, em prejuízo da maioria<sup>14</sup>.

O uso das instituições como forma de encaminhar as demandas públicas pode ser melhor apreciado a partir das análises da escola da *Public Choice*, que trata das decisões coletivas sobre bens públicos, destacando-se que decisões com impacto coletivo são o resultado de decisões individuais, feitas por indivíduos integrantes de um grupo ou organismo coletivo e que afetam todos os integrantes da coletividade que se beneficia ou faz uso dos bens públicos colocados à sua disposição (MUELLER, 2004).

Uma diferença metodológica importante proposta pela escola da *Public Choice* é a sua rejeição à construção de unidades monolíticas de tomada de decisão, tais como “sociedade”, “comunidade”, “povo”, pois entende que sempre, em última instância, quem toma a decisão é o indivíduo. Desta forma é possível estabelecer clara consistência com a linha de argumentação de Olson (2011), no qual o problema reside na modelagem do processo de decisão pelo qual indivíduos racionais auto-interessados com suas preferências individuais tomam decisões de impacto coletivo.

A diferença de impacto é que escolhas privadas são unilaterais e de impacto majoritariamente privado, enquanto escolhas públicas são multilaterais, cujos benefícios e custos impactam terceiros interessados nos bens públicos, mas que não decidem diretamente sobre o tema. Ao envolver normas jurídicas, por seu caráter institucional formal, a participação de agentes ausentes na tomada de decisão é compulsória e passível de coerção legal, ainda que o resultado obtido das decisões de terceiros lhe seja altamente desfavorável, impondo custos sociais que serão compartilhados por muitos, enquanto as rendas serão apropriadas por poucos.

---

<sup>14</sup>Grupos de pressão política e lobbies altamente organizados são a representação prática deste mecanismo de dominância.

A *Public Choice* demonstra que no jogo de interesses entre agentes racionais os mecanismos institucionais de consenso sobre a tomada de decisão coletiva não conseguem superar o teorema da impossibilidade de Arrow (1951), que estipula que a ditadura é o único mecanismo eficaz para a tomada de decisão coletiva, pela qual as preferências individuais de um conjunto de agentes sejam traduzidas de forma coercitiva em uma função de bem estar social que satisfaça simultaneamente a todos<sup>15</sup>.

## 2.4 Comportamento Estratégico e a Norma Jurídica

### 2.4.1 O Contrato Social e as Interações dos Agentes

A noção de legitimidade da ação soberana impositiva de uma autoridade institucional sobre o indivíduo deriva das teorias propostas originalmente por Hobbes e desenvolvida por Locke, Rousseau e Kant, ainda que usando perspectivas distintas entre si. A visão pessimista de Hobbes acerca da natureza humana não vislumbrava alternativas à convivência social a não ser pela imposição de uma força externa que impedisse o conflito presumível entre os indivíduos. (BOBBIO,1997, DALLARI, 1995).

O *Leviatã* de Hobbes (BOBBIO,1997), considerado um dos textos fundadores na moderna filosofia política e que formaliza o contrato social revela entre suas principais contribuições paradigmáticas, o papel do estado, como instituição, em delimitar de forma justificada e legítima a liberdade individual, como forma de evitar o caos social. O melhor cenário possível, na acepção de Hobbes<sup>16</sup>, para qualquer indivíduo considerado individualmente é a liberdade absoluta, podendo fazer o que bem entender sem qualquer preocupação com os possíveis efeitos das ações. Sendo livres, os indivíduos podem considerar a hipótese de cooperar uns com os outros de forma a obter certos resultados impossíveis de se obter de forma solitária e individual.

No entanto, segundo Hobbes (BOBBIO, 1997) a natureza perversa e intrinsecamente egoísta do homem, revela como consequência que muitos

---

<sup>15</sup> Arrow (1951) demonstra que a soma das racionalidades individuais não produz uma racionalidade coletiva, fundamentando, portanto, o modelo de Olson (2011) sobre a tomada de decisão coletiva.

<sup>16</sup> <http://plato.stanford.edu/entries/game-theory>, acesso em junho de 2012.

indivíduos não tenham padrão moral elevado e assim considerem seriamente a hipótese de se aproveitar da boa vontade de outros indivíduos, havendo forte incentivo para um estado de anarquia e conflito generalizado, pois o egoísmo e a desconfiança seriam dominantes no interior de determinado grupo social levando os homens ao estado de pobreza e brutalidade extrema pelo simples fato de que os interesses individuais levados ao limite levariam ao colapso das relações sociais, em face da incerteza e do medo, terminando portanto em conflitos generalizados, pois a percepção momentânea de lucro à custa do outro se tornaria inviável ao longo do tempo.

A solução de Hobbes para o problema é instituir um poder soberano tirânico, acima das vontades individuais, com autoridade legítima para punir condutas consideradas imorais e indesejáveis. A lógica que fundamenta seu argumento está no reordenamento das preferências dos agentes de forma coercitiva, pois sendo crível e provável a ameaça de punição por parte do poder soberano, a cooperação não somente seria possível como um comportamento esperado, prevenindo, portanto a situação de conflito.

Desta forma, pelo argumento de Hobbes, interações sociais podem ser classificadas em apenas duas categorias fundamentais: conflitiva ou cooperativas. O estado natural de convivência social levaria à anarquia, portanto um modelo conflitivo, que somente pode ser resolvido pela tirania, para induzir a cooperação, ainda que sob determinados aspectos tal possibilidade possa ser considerado uma contradição em si mesma, em face do conceito de cooperação (Axelrod, 1984), prever o elemento espontâneo como fundamental para a sua emergência.

O modelo de convivência social a partir de uma autoridade superior absoluta de Hobbes (BOBBIO, 1997) afirma que tal poder se justifica em si mesmo, como elemento essencial para a pacificação das relações, pois o estado de natureza ideal fatalmente levaria os indivíduos à guerra, portanto, o conflito. De fato, na visão de Hobbes, havia a convicção que entre o medo e a incerteza por viver no estado de natureza total e o medo do soberano, seria sempre preferível o segundo, para assim evitar a anarquia<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup>Bobbio (1997, p.45).

Locke (BOBBIO, 1997), por sua vez, apresentava uma solução mais pragmática do que Hobbes, embora reconhecendo os problemas enfrentados por indivíduos que desfrutando de total liberdade acabariam em conflito generalizado. Em sua acepção, diferentemente de Hobbes, um governo soberano seria útil, mas não de caráter absolutista, pois serviria apenas para garantir os direitos naturais dos seus súditos, que assim assumiriam um compromisso coletivo ao renunciar a determinados direitos em prol do bem comum de evitar as incertezas do estado de natureza.

No contrato social assumido pelos indivíduos, na forma como Locke propunha, os indivíduos renunciam ao direito de fazer justiça com as próprias mãos, porém conservando outros direitos naturais (à vida, liberdade e propriedade). O contrato, mesmo que ficto, torna-se um elemento de coordenação social, um ponto focal, que permite aos indivíduos cooperar em pontos comuns para assim evitar o conflito.

A teoria do contrato social é o elemento de ligação entre as dimensões de análise teóricas, servindo como ponte conceitual entre a análise micro e os fenômenos emergentes em nível macro, que justifica em síntese, a concepção de instituições como forma de estruturar mecanismos de convivência na sociedade, porquanto a existência em si mesma de quaisquer instituições, sendo uma obra coletiva, somente pode ser atingida ou concebida a partir de um substrato mínimo de legitimidade aceita por todos e que sirva de elementos de ligação para as ações coordenadas posteriores.

É importante notar que o contrato social não é um documento histórico, nem envolve um ato histórico registrado. Trata-se de um argumento para justificar racionalmente o poder soberano do estado e não de um acordo celebrado por indivíduos entre si e um suposto governo. Sua importância reside em seu caráter instrumental, para servir de suporte, como sustenta Kant (BOBBIO, 1997), para assegurar os direitos mais fundamentais do indivíduo.

Axelrod (1984), questiona como é possível emergir cooperação entre agentes egoístas e sem uma autoridade central que determine a conduta, pois argumenta que seres humanos teriam uma tendência natural a competir entre

si, seguindo assim a visão pessimista de Hobbes acerca do caráter egoísta da sua natureza<sup>18</sup>.

Schelling (1980), por sua vez, ao analisar o cenário de enfrentamento entre duas superpotências durante a guerra fria, observa que o conflito pode ser traduzido em um tipo de disputa onde ambos os jogadores estão tentando ganhar e, pelo menos em principio, não existe vitorioso possível, em face da ameaça real de mútua aniquilação, o que tem prevenido até hoje que agentes racionais decidam apertar o botão vermelho, pois formalmente, ambos os jogadores sabem que não existe estratégia possível de solução deste jogo que possa ser jogada por qualquer dos jogadores simultaneamente.

Ostrom (2011) demonstra que a exploração de recursos naturais comuns<sup>19</sup> tem sido um dilema de difícil solução em várias partes do mundo, onde o esgotamento dos recursos em muitos casos leva ao fenômeno da tragédia dos comuns, quando o comportamento puramente egoístico de um agente individual de maximização da utilidade esperada é replicado entre todos os participantes, levando no limite à exaustão dos recursos utilizados por todos. De fato, na ausência de algum tipo de coordenação, os agentes nem sempre levam em consideração que um comportamento cooperativo traria maiores benefícios individuais.

No modelo proposto por Ostrom (2011), no entanto, diversos exemplos de grupos que organizaram mecanismos institucionais de governança, sem autoridade externa coercitiva, são mostrados e que viabilizaram a exploração sustentável dos recursos. Entre as premissas fundamentais encontradas por Ostrom (2011) estão os limites claramente perceptíveis de direitos de propriedade claramente definidos e mecanismos de monitoramento e punição por violação das regras legitimamente aceitos por todos e efetivos, tornando a cooperação mais interessante do que o comportamento puramente egoísta e individual que levaria ao colapso final dos recursos disponíveis na forma prevista por Hardin (1968).

---

<sup>18</sup> Axelrod (1984, p.4)

<sup>19</sup> CPR, Common Pool Resources (Ostrom, 2011).

### 2.4.2 A interação Social como Jogo

A Teoria dos Jogos é um ramo relativamente recente de especialização das ciências econômicas, muito embora, suas origens possam ser encontradas informalmente em incontáveis situações históricas. Seu método analítico oferece mecanismos lógicos que permitem entender de forma sistemática como e porque os agentes se comportam de determinada maneira, a partir de premissas sólidas e comprováveis.

A teoria dos jogos serve de instrumento para explicar como agentes tomam suas decisões levando em consideração outros agentes, ou seja, utilizam-se seus mecanismos metodológicos para modelar decisões interdependentes (BINMORE, 1992), nos mais diversos cenários (MONTET e SERRA, 2003, GHEMAWAT, 1999, McMILLAN, 1992). Como sua utilização é instrumental, os conceitos utilizados são explicados ao nível de sua utilização, sem recorrer à sua complexidade formal intrínseca. Nesta seção são desenvolvidos os tópicos de teoria dos jogos que são aplicados na modelagem dos agentes e sua motivação metodológica.

Vestígios descrevendo comportamento estratégico nas ações dos agentes envolvidos em um cenário de mútua interação podem ser encontrados nos textos de Platão, nos quais Sócrates descreve aspectos da batalha de Delos<sup>20</sup>, em particular, especulando sobre qual seria o pensamento de um soldado na iminência da batalha. No cenário descrito, o soldado encontra-se à espera, junto com seus camaradas em prontidão, para repelir um ataque do inimigo. Ele percebe que se a defesa do seu exercito está bem preparada e se for bem sucedida, sua contribuição pessoal muito provavelmente seria desnecessária. Portanto, segundo seu raciocínio, ao ficar e lutar, arrisca ser morto ou ferido por motivo nenhum, pois imagina que sua contribuição marginal é irrelevante para o resultado final. Por outro lado, se o inimigo for mais bem preparado e, portanto, bem sucedido no seu ataque, a sua probabilidade de ser morto ou ferido é ainda maior, já que sua contribuição seria ainda mais insignificante em face da superioridade do adversário. O soldado, assim, tem um dilema, pois de acordo com sua percepção da lógica da situação (FIANI,

---

<sup>20</sup> Adaptado do texto disponível em [www.plato.stanford.edu/entries/game-theory](http://www.plato.stanford.edu/entries/game-theory).

2006, POPPER, 2004,)), ficar e lutar seriam atitudes completamente sem sentido. Portanto, pelo menos em tese, a atitude mais sensata do soldado em face destes cenários seria fugir, pois, com certeza, estaria em melhores condições independentemente da iniciativa do adversário.

Ao analisar-se a situação, percebe-se que se aquele soldado está pensando daquela maneira, é razoável supor que todos os seus colegas estão raciocinando de forma parecida, uma vez que todos estão enfrentando as mesmas condições de batalha. Assim, caso todos decidissem agir simultaneamente desta maneira o resultado seria inevitavelmente a derrota na batalha.

Desta forma, surgem dos caminhos de ação: quanto maior for a *certeza* de que a batalha está perdida, maior o incentivo que cada soldado terá para salvar sua própria vida, fugindo da batalha. Por outro lado, se cada soldado tem a firme convicção de que sua contribuição também é desnecessária em face da *certeza* da vitória, mais estímulos ele terá para não se engajar na luta. O raciocínio lógico leva a concluir que mantidas estas condições, o comandante se encontra na *certeza* de perder a batalha antes mesmo de disparar um único tiro, pois a ação racional de qualquer dos soldados, mantidas as condições descritas é fugir da batalha.

Ao se usar a teoria dos jogos como fundamento teórico de análise, está-se afirmando expressamente que as relações entre as pessoas, organizações e Instituições<sup>21</sup> em uma sociedade não podem ser tomadas isoladamente, pois são em grande medida interdependentes, onde a ação de um, afeta e interfere na ação do outro, ambos contribuindo para a tomada de decisão um do outro.

Diversas situações rotineiras relacionadas às normas jurídicas podem ser analisadas sob a perspectiva da interação estratégica. O processo civil e penal<sup>22</sup> regulam a maneira como os agentes, indivíduos e organizações, utilizam a sistema judicial brasileiro para assim buscar seus direitos, quando eventualmente violados. São instituições formais, ou seja normas jurídicas, que

---

<sup>21</sup>Por adequação terminológica ao modelo desenvolvido neste trabalho, indivíduos e organizações serão tratados como “Agentes”.

<sup>22</sup>Código de Processo Civil, Lei nº 5.869 de 11 de janeiro de 1973 e Código de Processo Penal, Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941.

exercem enorme influência na tomada de decisão dos agentes, definindo quais as estratégias de ação tomar em cada caso concreto. Em certa medida, entender a lógica de funcionamento dos procedimentos judiciais pode se revelar tão ou mais importante que o próprio direito material envolvido na demanda, envolvendo efeitos reflexos nas estratégias de agentes que sequer participam diretamente da interação estratégica, uma vez que interferem nas suas expectativas racionais, condicionando suas ações futuras. Todas as demandas jurídicas e a noção de execução das normas dependem do funcionamento e da eficiência do que se convencionou chamar sistema judicial, que em última análise determina a eficácia real das normas nos casos concretos.

Cooter e Ulen (2010), ao propor um modelo econômico de disputas judiciais identificam três causas imediatas para entrar com uma ação na justiça: 1) lesão ou dano que provoca disputas, 2) custo de demandar na justiça e 3) valor esperado da reivindicação<sup>23</sup>. No caso brasileiro acrescentaríamos ainda um quarto item, o tempo médio esperado para resolução do conflito<sup>24</sup>. Timm e Santos Filho (2011) ainda acrescentam neste rol o uso apenas instrumental do processo judicial, ou seja, o judiciário sendo utilizado apenas e tão somente como instrumento de coação para forçar uma resolução, seja pelo argumento de força, seja pelo amparo protelatório, no qual a morosidade e ineficiência das cortes brasileiras é instrumentalmente usada para coagir a parte mais vulnerável, que não pode sustentar uma demanda judicial e seus custos por longos anos.

Estes efeitos na conduta dos agentes identificados por Timm e Santos Filho (2011), servem de exemplo para descrever o comportamento estratégico de cada um em relação aos incentivos identificados no cenário de interação, seja apenas pelo exercício do direito de demandar, seja apenas pela expectativa gerada nos agentes, condicionando portanto sua conduta futura.

---

<sup>23</sup>Cooter e Ulen (2010, p.411).

<sup>24</sup>Dados colhidos do CNJ (2012) mostram que tramitaram na justiça mais de 90 milhões de processos. Existem acentuadas diferenças entre os diversos tribunais brasileiros e eficiência das varas federais e outras variáveis, como por exemplo a complexidade da demanda. Se todas as instâncias recursais forem provocadas, um processo civil pode tramitar por mais de 7 anos até o seu desfecho. Processos criminais, guardadas as ressalvas já colocadas, podem passar de 10 anos de tramitação.

Yeung e Azevedo (2011) demonstraram que problemas de carência material ou de recursos humanos não podem levar o crédito pela situação em que se encontra Justiça Brasileira. Foi demonstrada empiricamente a correlação entre eficiência judicial e a capacidade de administração dos tribunais, revelando que o problema se encontra de fato muito mais nos aspectos gerenciais dos recursos disponíveis, do que nos aspectos jurisdicionais<sup>25</sup>, impactando, por exemplo, nos custos e na duração das demandas. A precariedade da prestação de justiça faz com que os agentes tentem otimizar seus recursos usando suas melhores estratégias levando em consideração a informação de que eventualmente a justiça será utilizada para postergar ou evitar o cumprimento da lei. É o caso onde os agentes procuram um equilíbrio de Nash.

O equilíbrio de Nash propõe que em uma interação estratégica cada jogador adote sua melhor estratégia de ação, dada a melhor estratégia utilizadas pelo outro jogador. Cada jogador utiliza sua melhor alternativa, levando em consideração as decisões dos outros jogadores (BIERMAN e FERNANDEZ, 2011, FIANI, 2006, DUTTA, 1999, DIXIT e SKEATH, 1999).

O equilíbrio de Nash pode ser aplicado em cenários nos quais a lógica da situação proposta pela ação das normas jurídicas oferece aos jogadores determinadas alternativas possíveis de ação, mas não necessariamente as mais eficientes (BAIRD, GERTNER E PICKER, 1994; McADAMS, 2000, 2008). Em cada situação proposta na qual incide determinado estímulo formal, seja este através de sanção ou de sinalização de ponto focal, é possível analisar a existência ou não do equilíbrio de Nash.

---

<sup>25</sup>Yeung e Azevedo (2011) realizaram extenso estudo quantitativo sobre a eficiência relativa dos tribunais brasileiros utilizando Análise Envoltória de Dados, no qual resta demonstrado diferenças profundas na qualidade dos serviços prestados pelos diversos órgãos da justiça brasileira considerados no trabalho.

### 2.4.3 Ameaças e Compromissos Críveis

A análise clássica da norma jurídica como preço explica um dos seus efeitos mais importantes, ou seja, seu caráter sancionador como premissa para coagir determinado agente a se comportar de acordo com as regras que impõe, criando a expectativa de que um incentivo (positivo ou negativo) será aplicado ao agente para ele agir conforme os comandos legais são propostos.

O caráter sancionador da norma jurídica é essencial à geração de expectativas críveis nos agentes. Bierman e Fernandez (2011) destacam a importância deste aspecto quando se estabelece uma interação estratégica entre jogadores racionais, especialmente quando os jogadores efetivamente tem condições de se comunicar entre si ao longo de inúmeras repetições.

Se a norma jurídica cria determinada expectativa de sanção que não se cumpre, é tratada por jogadores racionais como “conversa fiada”, ou seja, uma ameaça crível (sanção) existe somente se o jogador que tiver esta opção a sua disposição a utiliza de forma eficaz quando se apresenta a situação. De outra forma, se a ameaça ou compromisso não for crível um jogador racional vai simplesmente ignorá-la (BIERMAN e FERNANDEZ, 2011, p.121).

De fato, nas situações nas quais o estado atua como emissor de normas jurídicas sancionadoras, os agentes receptores devem selecionar uma estratégia adequada à expectativa de sanção proposta pela norma jurídica. Se ao longo das repetições ficar demonstrado que a ameaça de sanção não é crível, como estratégia proposta pelo estado, os agentes vão simplesmente ignorar seus comandos, pois percebem que a estratégia utilizada não é crível e não se cumpre.

Esta análise é particularmente importante no caso das normas jurídicas penais, e na impunidade, por consequência, cuja eficácia está relacionada à sua capacidade de efetivar a ameaça sancionadora para aqueles agentes que, por exemplo, cometem condutas consideradas inaceitáveis no meio social.

#### 2.4.4 Dilema do Prisioneiro e Caça ao Cervo

Dois modelos de jogos têm se destacado na análise do fenômeno da cooperação (AXELROD, 1997, 1984) no comportamento estratégico dos agentes e sua relação com o contrato social: o dilema do prisioneiro (AXELROD, 1984) e o modelo de caça ao cervo<sup>26</sup> (SKYRMS, 2004). A diferença entre ambos encontra-se na forma como a lógica da situação na interação estratégica é estabelecida.

O dilema do prisioneiro propõe que dois agentes estão sob custódia policial sob alegação de terem cometido determinado crime. Eles são colocados separadamente, sem possibilidade de comunicação e tem diante de si duas alternativas: confessar o crime ou permanecer calado. Eles não sabem, no entanto, que a autoridade policial não possui evidências suficientes para uma condenação. Portanto, se ambos permanecerem calados, serão liberados por falta de provas. Portanto, o melhor resultado possível para ambos seria a cooperação sem confissão. No entanto, a análise do jogo demonstra que confessar é uma estratégia dominante para ambos os jogadores, pois a ameaça de punição pode ser suficientemente crível para fazer cada um dos jogadores resolver confessar em prejuízo do outro.

Axelrod (1984) propôs a repetição do dilema do prisioneiro de forma que os jogadores guardassem a memória de seus encontros prévios para testar a estratégia mais adequada que promovesse a cooperação entre ambos no longo prazo, provando que a estratégia mais adequada era a “TIT-FOR-TAT” (olho por olho), na qual na primeira rodada da repetição os jogadores cooperam e depois nas repetições posteriores repetem, ou retaliam, com a mesma jogada proposta pelo oponente<sup>27</sup>.

Skyrms (2004), no entanto, propõe que o modelo de jogo de caça ao cervo (Stag Hunt) descreve melhor o convívio social e sua relação com o comportamento egoísta ou cooperativo dos agentes, conforme seus interesses se revelam. A chave da questão da cooperação na ação coletiva está

---

<sup>26</sup> stag hunt

<sup>27</sup> Estudos recentes mostram questões importantes que não foram encaminhadas pelos estudos de Axelrod (1984). Ver neste sentido, Galan e Izquierdo (2005). Outros trabalhos também tem ampliado o horizonte de aplicação do dilema do prisioneiro. Ver, por exemplo, Ohdaira e Terano (2009).

relacionada à correlação das interações, que somente podem ser facilitadas através de instituições constituídas e estimuladas para facilitar a sua ocorrência.

O jogo proposto na caça ao cervo pode ser considerado o protótipo do contrato social e foi descrito por Rousseau em seu '*Discurso sobre a desigualdade*' (Skyrms, 2004, p.2). Neste jogo, dois jogadores estão conjuntamente tentando capturar um cervo (ou veado) em um mato onde a localização do animal pode apenas ser presumida. Para o sucesso desta empreitada, a coordenação entre os jogadores e sua cooperação em termos de guardar seu posto é fundamental. Nesta mesma floresta, no entanto, existem muitas lebres que, apesar de seu valor bem inferior, são objeto de interesse dos jogadores também, embora representando um ganho menor mesmo em comparação com a divisão do prêmio de captura do cervo, bem mais valioso.

Na caça ao cervo, a necessidade de cooperação é absoluta, pois um jogador sozinho não tem condições de capturar e carregar a caça. Portanto ele necessita dividir o prêmio com o outro. A caça à lebre, no entanto, é bem mais simples e não depende da ação coordenada entre os jogadores, podendo ser realizada individualmente, embora, como referido, o ganho seja menor e ao custo de perda da possibilidade de captura do prêmio maior, o cervo. A mesma lógica é citada por Hume<sup>28</sup> quando trata da colaboração entre dois vizinhos para drenar conjuntamente um campo em benefício mútuo (AXELROD, 1986, AXELROD e HAMILTON, 1981, AXELROD e HAMMOND, 2006). Mais recentemente, Ostrom (2011) trilhou a mesma linha de investigação alargando a análise para grupos de agentes que exploram uma mesma área de recursos finitos, cuja exploração depende da colaboração de todos para que a exaustão completa dos recursos seja evitada.

O que diferencia o modelo de caça ao cervo do dilema dos prisioneiros é a ausência de autoridade impositiva externa para realocar as preferências dos jogadores. De fato, Skyrms (2004) observa que a imposição externa no jogo de caça ao cervo não tem nenhuma utilidade para a obtenção do resultado. Depende, na verdade, de outras instituições sociais, como crenças, confiança, hábitos, convenções, que não são impostas a partir de

---

<sup>28</sup> Hume, David, *A Treatise of Human Nature*, The Floating Press, 2009.

autoridade superior, mas construídas ao longo de repetidas interações que estabelecem as correlações mutuamente proveitosas.

Skyrms (2004) observa que jogadores racionais enfrentam duas situações distintas em cada um dos jogos. Na caça ao cervo, a decisão é tomada a partir de um benefício mútuo a ser obtido na cooperação, enquanto que no dilema dos prisioneiros a conduta tomada pelos agentes pode potencialmente impor risco pessoal ao seu tomador, a partir de ameaça externa. Portanto, no primeiro o comportamento egoísta leva a ganho menor. No segundo, o comportamento egoísta leva a uma perda maior, a partir da ameaça. A solução para o problema de interação social proposto no jogo de caça ao cervo está em grande medida na capacidade de se criar pontos focais de coordenação entre os agentes, vale dizer, do aspecto expreso da norma jurídica. No dilema dos prisioneiros, a solução do jogo não depende apenas da capacidade de coordenação dos agentes, mas também do risco de cumprimento da sanção proposta como punição, ou seja, o aspecto instrumental da norma jurídica.

#### 2.4.5 Conceito de Ponto Focal ou Ponto de Schelling

O conceito de ponto focal<sup>29</sup> foi introduzido por Schelling (1980) para demonstrar como pessoas poderiam coordenar suas ações no contexto de uma interação estratégica objetivando um resultado que as beneficiasse mutuamente tendo em vista a impossibilidade de se comunicarem entre si. Schelling (1980) descreve o ponto focal para explicar o mecanismo de coordenação tácita entre agentes, ou seja, como expectativas comuns podem ser estabelecidas entre agentes, independente de qualquer estímulo exterior, na qual a comunicação entre eles é incompleta, impossível ou inexistente.

Seus experimentos revelaram que *“pessoas freqüentemente podem acordar suas intenções ou expectativas com outras pessoas se cada uma sabe que a outra está tentando fazer a mesma coisa”*<sup>30</sup>, assumindo que tenham alguma pista<sup>31</sup> para coordenar suas ações. Schelling (1980) deixa claro que

---

<sup>29</sup> Também referido com *ponto de Schelling*.

<sup>30</sup> Schelling (1980, p.57).

<sup>31</sup> *“some clue for coordinating behavior”* Schelling (1980, p.57).

não existe comunicação possível entre os agentes. Portanto, todo o comportamento emergente decorre das expectativas dos agentes uns em relação aos outros, de forma espontânea, pois nenhum tipo de estímulo exterior interfere deliberadamente na interação dos agentes.

A existência deste ponto saliente pode ser provocada por diversos elementos, entre os quais analogias, precedentes culturais ou históricos, simetrias, configurações estéticas ou geográficas, raciocínio casuístico, a origem comum dos agentes, ou seja, *quem* são eles e o *que* conhecem um do outro<sup>32</sup>. Em todos estes exemplos, existe a possibilidade de algum elemento saliente comum estar presente, inevitavelmente destacado de todos os outros no qual haja uma *expectativa* comum mútua de que os agentes envolvidos de que seja assim percebido.

O ponto focal não foi definido por Schelling (1980) de maneira formal. Dixit e Skeath (1999) mencionam que a experiência ou conhecimento compartilhado poderia criar condições para a existência de pontos focais, ressaltando, no entanto, que sem estes elementos comuns de conexão há dificuldade de espontaneamente haver coordenação tácita de ações entre os agentes. Rasmusen (2007) observa que os ensinamentos de Schelling (1980), mais de 50 anos após sua publicação continuam atuais, definindo o ponto focal como um equilíbrio de Nash, entre múltiplos possíveis, que por razões psicológicas torna-se mais atraente ou interessante<sup>33</sup>. Rasmusen (2007) observa que este equilíbrio pode ser visualizado em inúmeras situações, chamando a atenção para situações limítrofes, como por exemplo um marco ou fronteira bem definida, pois estas carregam significação extra em face de comunicar informações específicas a respeito de determinado cenário de interação, compartilhado por ambos os agentes.

---

<sup>32</sup> Schelling, op. cit. p.57.

<sup>33</sup> Rasmusen (2007, p.32).

## 2.5 Sistemas Multiagentes e Comportamento Estratégico

### 2.5.1 Introdução

Modelos baseados em agentes tem sido utilizados em sistemas dinâmicos como complemento da análise matemática (AXELROD, 2006), ou quando esta se revela impossível de ser utilizada em face da natureza do sistema objeto de modelagem (BONABEAU, DORIGO e THERAULAZ, 1999). Nestes modelos, os agentes são entidades computacionais (RUSSELL e NORVIG, 2010) individualizadas que compartilham características em comum, mas resguardam elementos específicos que os diferenciam na tomada de decisão durante sua interação com outros agentes e o ambiente (WOOLDRIDGE, 2002). O uso de sistemas multiagentes tem sido bastante popularizado em ciências naturais e biológicas (BOWLES e GINTINS, 2011), e mais recentemente em ciências sociais (ROSSITER, NOBLE e BELL, 2010, IZQUIERDO, GOTTS e POLHILL, 2004), como ferramentas de apoio à decisão (BERGER, 2008, STREIT, 2006).

Por sua própria natureza, sistemas baseados em agentes estão situados em ambiente precisamente definido (WOOLDRIDGE, 2002). Agentes em interação devem se relacionar com este ambiente, percebendo suas características, suas influencias, suas peculiaridades para poderem tomar decisões conforme entendem ser o melhor curso de ação para atingir seus objetivos, dado que cada agente individual dispõe de total autonomia para agir no ambiente em que está inserido (RUSSELL e NORVIG, 2010).

A modelagem da tomada de decisão individual é o coração da concepção e construção deste tipo de sistema (PARSONS *et al.*, 2002), pois é a própria base da estrutura teórica sob a qual repousa não só os fundamentos de modelos baseados de inteligência artificial, assim como da própria concepção do agente racional, seja este concebido desde suas referências sociológicas no contexto da ação social, ou como homem econômico (COOTER e ULEN, 2010).

Uma parcela das decisões individuais dos agentes é relativamente simples e não envolve maior complexidade, pois não atingem nem interferem

terceiros, nem mesmo indiretamente. No entanto, é razoável admitir que no contexto de uma sociedade cada vez mais complexa a possibilidade de uma ação individual não interferir ou influenciar interesses de outros está se tornando cada vez mais escassa, pois a interação entre agentes (sejam indivíduos ou organizações), particularmente considerando que a vida econômica e social realiza-se essencialmente em ambiente urbano está se tornando a regra e não a exceção na sociedade contemporânea, ou seja a interação social sendo praticamente a regra de convivência implica que a tomada de decisão nunca é isolada em si mesma, mas interdependente em relação a outros agentes que compartilham o mesmo ambiente.

Nestas condições, a complexidade das relações reais levanta a questão do quanto de informação cada agente dispõe efetivamente para tomar suas decisões de maneira satisfatória levando em consideração os objetivos que pretende alcançar, percebendo-se que esta será em grande medida incompleta e incerta (PARSONS *et al.*, 2002). As ações disponíveis ao cada agente são não-determinísticas, podendo resultar em cenários improváveis. Objetivos conflitantes poderão confundir qual o melhor curso de ação a ser tomado além de, finalmente, outros agentes poderem operar no mesmo ambiente adicionando ainda mais complexidade em selecionar quais as estratégias de ação a serem tomadas para cada caso real envolvido.

Tais situações ocorrem de maneira corriqueira em todos os aspectos possíveis das relações entre agentes, sejam estas sociais, econômicas ou estritamente familiares. De forma genérica, uma teoria de decisão oferece uma maneira de lidar com a incerteza sobre o conhecimento disponível de um agente em sua tomada de decisão e o não-determinismo de suas ações (PARSONS *et al.*, 2002). A incerteza na informação é encaminhada a partir da construção de funções de distribuições de probabilidade a partir de um conjunto de possibilidades de ocorrência de determinados eventos.

### 2.5.2 Aplicações de Sistemas Multiagentes e Teoria dos Jogos

Sistemas multiagentes tem sido utilizados para reunir os conceitos de interação estratégica conforme postulado pela teoria dos jogos (BALZER,

BRENDEL E HOFMANN, 2001) como forma de propor mecanismos de modelagem e simulação (HADZIKADIC, CARMICHAEL e CURTIN, 2010) que levem em conta a tomada de decisão estratégica de agentes em simulações que reproduzam cenários dinâmicos de tomada de decisão interdependente. Várias questões pertinentes em relação às estratégias adotadas pelos agentes são encaminhadas a partir de simulações experimentais que, em muitas situações questionam, por exemplo, o comportamento estritamente racional e egoísta dos agentes como sendo a regra nas interações dinâmicas.

Skyrms (2004) observa que o dilema do prisioneiro iterado (AXELROD 1984, 1997) tem sido um dos temas mais constantemente revisitado pela sua simplicidade e capacidade de revelar diversos cenários experimentais que imediatamente remetem a situações reais. McAdams (2008) nota que a análise da interação estratégica no âmbito de aplicação da norma jurídica também sofre com o uso majoritário deste modelo de jogo.

Bazzan, Bordini e Campbell (2002), usando simulação multiagente baseada no dilema dos prisioneiros iterado, sugerem em suas análises que o comportamento puramente egoísta e maximizador de utilidade individual oferece ganhos no curto prazo, mas comprometem claramente os resultados no longo prazo. Uma das conclusões de seus experimentos é que o comportamento altruístico demonstra ser uma estratégia mais interessante, não só para o grupo, como para cada um dos indivíduos individualmente, corroborando em alguns aspectos os mecanismos de governança propostos por Ostrom (2011) em grupos que espontaneamente se organizam para utilizar recursos não renováveis e finitos, sem a intervenção de autoridade externa.

Xianyu (2012), também usando o dilema do prisioneiro, procura estudar o efeito adaptativo das expectativas dos agentes em relação à emergência de cooperação em redes complexas usando sistemas baseados em agentes, propondo sua inserção nos mecanismos de interação neste tipo de rede. A motivação para inserir a questão das expectativas dos agentes está relacionada ao fato de que pessoas agem em grande medida de acordo com suas expectativas que são determinantes em termos de comportamento cooperativo ou não, como demonstrou Axelrod (1984) ao utilizar a estratégia "TIT-FOR-TAT" como a mais promissora para promover cooperação

espontânea ao longo do tempo entre agentes não influenciados por uma autoridade central.

Em outra linha de argumentação, Moss (2001) analisa o perfil de vários trabalhos para demonstrar que as simulações multiagentes baseadas em modelos de teoria dos jogos não envolvem mais do que três agentes em interação, ainda que o ambiente seja concebido para múltiplos jogadores, dificultando assim sua transposição como modelos verificáveis e válidos de cenários reais de interação estratégica.

Schindler (2012) propõe um modelo para testar o argumento de Hardin (OSTROM, 2011) acerca das condicionantes que podem potencializar a ocorrência da tragédia dos comuns, demonstrando que efetivamente o comportamento cooperativo, reciprocidade, equidade e justiça em relação aos demais permitem o uso sustentável de recursos naturais. Reciprocamente, a reversão de tal comportamento para o puro comportamento egoístico em desconsideração completa aos interesses dos demais pode efetivamente levar à exaustão dos recursos. A autora sugere em suas conclusões que o incentivo ao comportamento cooperativo coletivo e equitativo entre os agentes pode ser empiricamente sustentável e benéfico, tanto em nível individual quanto o coletivo, ressalvando, no entanto o caráter não linear entre parâmetros utilizados para avaliar o comportamento sustentável e o grau de sustentabilidade do sistema, impedindo, por exemplo, o desenvolvimento de uma heurística simples acerca do comportamento dos agentes que compartilham recursos comuns e finitos.

Rauhut e Junker (2009) desenvolveram um modelo multiagente para testar o modelo de Becker (1968) de cometimento de crimes, cuja principal premissa é a racionalidade do agente em face da possibilidade e severidade de uma eventual punição pela conduta ilegal. O experimento proposto na modelagem questiona a linearidade do comportamento dos agentes em face dos incentivos (negativos) definidos na sanção e, particularmente, a relação entre aumento das penas e diminuição de comportamento delitivo. Os experimentos realizados revelaram que a dinâmica de interação dos agentes não obedece exatamente aos fundamentos teóricos propostos por Becker (1968), afirmando que na verdade, no jogo estabelecido, ambos os agentes

são influenciados mutuamente pelos níveis de punição pelo comportamento. No modelo multiagente proposto, ao invés de utilizar a racionalidade instrumental conforme o modelo proposto por Becker (1968), modelos de racionalidade limitada condicionam a tomada de decisão dos agentes no ambiente, a partir de duas dimensões: interação social e tomada de decisão.

As análises foram baseadas em Doob e Webster (2003) que após revisão minuciosa de trabalhos ao longo de vinte e cinco anos concluíram que as evidências empíricas de que o aumento da severidade das penas tenha efeito apreciável na conduta dos agentes é no mínimo questionável. De fato, a conclusão obtida na pesquisa revela que não existe correlação entre as variáveis, quanto mais relação de causalidade inversamente proporcional, conforme seria presumível de acontecer pelo modelo econômico original. A explicação sugerida estabelece que a interação estratégica entre os agentes, no caso as autoridades policiais e os criminosos, ocorre com o uso de estratégias mistas por cada um dos agentes na tentativa de superar ou prever o comportamento do oponente. Neste modelo, o eventual criminoso seleciona sua probabilidade de cometer o crime no ponto de indiferença das autoridades policiais. Reversamente, os policiais escolhem suas probabilidades de atuação de combate ao crime no ponto de indiferença dos criminosos. Isto porque se modela o jogo na forma estritamente competitiva, pois o ganho do criminoso corresponde à perda igual pela autoridade policial, sendo a recíproca verdadeira também, ou seja, se o criminoso é preso, toda a utilidade percebida pela interação é absorvida pela autoridade policial. O equilíbrio somente pode ser obtido a partir do uso de estratégias mistas. A indiferença significa que nenhum dos jogadores tem possibilidade de melhorar seu resultado alterando suas probabilidades de ação (RAUHUT e JUNKER, 2009). A formalização do jogo demonstra que não existe solução em estratégias puras para esta interação. A racionalidade limitada é introduzida no algoritmo como ruído na capacidade do agente de perceber o ambiente social corretamente, ou seja, temperando drasticamente o elemento racional de percepção do agente. Desta forma, a modelagem insere um componente racional e um componente aleatório na tomada de decisão do agente.

Apesar da popularidade recente dos modelos baseados em agentes, algumas questões com respeito à sua aplicabilidade têm sido ressaltadas na literatura como forma de garantir a sua viabilidade como metodologia científica. Liu e Eck (2008) propõem que o grau de replicabilidade do sistema é essencial para a validação das conclusões observadas em experimentos. Assim, critérios objetivos para o desenho e projeto dos modelos precisam ser observados, para que as análises possam ser facilmente reconstruídas por outros pesquisadores (RAILSBACK e GRIMM, 2012).

Similarmente, Bowles e Gintis (2011) insistem na questão da adequação empírica dos modelos a partir da utilização criteriosa de parâmetros relacionados à população objeto de análise. Sugerem ainda que as informações que surgem a partir das simulações têm dupla natureza: uma é desconhecida e representa o próprio objetivo da investigação. A segunda, no entanto, decorre de estatísticas paralelas geradas a partir dos experimentos das quais existe alguma conhecimento prévio que permite verificar a consistência dos experimentos realizados<sup>34</sup>, com o sistema real. Estas ressalvas, portanto, determinam que o uso adequado de modelos baseados em agentes em simulação social exige experimentação extensa para que seja assegurada que os parâmetros e premissas utilizados no modelo reflitam com precisão as propriedades do sistema real.

## 2.6 Conclusões

A análise do referencial teórico realizada neste capítulo engloba os aspectos tradicionais da relação da norma jurídica com a estrutura analítica da economia institucional, assim como os principais instrumentos teóricos disponibilizados pela Teoria dos Jogos para formalizar o comportamento estratégico dos agentes. No entanto, os modelos de simulação que utilizam teoria dos jogos não relacionam os efeitos da norma jurídica formal, particularmente em modelos de simulação social. Os trabalhos analisados não apresentam formalmente a conexão entre a dinâmica das instituições (explícitas e tácitas) e sua relação com o comportamento estratégico dos

---

<sup>34</sup> Bowles e Gintis (2011, p.204)

agentes capaz de gerar fenômenos emergentes. Esta conexão metodológica, objeto de investigação do presente trabalho, é apresentada no próximo capítulo.

### 3 MODELO CONCEITUAL DA DINÂMICA DAS INSTITUIÇÕES

#### 3.1 Introdução

Conforme antecipado no capítulo 2, os referenciais teóricos de análise das normas jurídicas não oferecem resposta adequada para a relação dinâmica existente entre o comportamento estratégico dos agentes em sua ação social e os efeitos causados pelas normas jurídicas incidentes. Neste capítulo é descrito o modelo conceitual de análise, exemplificando e contextualizando cada caso. Conclui-se com uma análise das potencialidades do modelo proposto assim como suas limitações.

#### 3.2 O Ponto Focal e a Norma Jurídica

O conceito de ponto focal e sua relação com normas jurídicas já foi abordado através dos diversos conceitos de instituições, sejam estas formais ou informais (HODGSON, 2006, BOWLES, 2004, NORTH, 1991, 1990) como um mecanismo para reduzir incertezas e custos de transação entre os agentes. Portanto, é intuitivo que normas jurídicas, sendo instituições formais explícitas, estejam diretamente relacionadas de alguma forma ao conceito de ponto focal, a partir do momento em que interfere nas expectativas de comportamento nos agentes.

Sugden (1995) observa que o tratamento dado ao conceito de ponto focal na literatura especializada de teoria dos jogos, normalmente o situa como um elemento externo ao jogo, não havendo formalismo específico que traduza o conceito de forma orgânica interna à estrutura da interação estratégica, o que está conforme com as observações de Schelling (1980, p.163) ao evitar uma construção normativa específica para a sua influência na seleção de estratégias por parte dos agentes.

Cooter (2000, 1998) encaminha esta questão a partir da dupla acepção da norma jurídica em seu caráter normativo e positivo na conduta dos agentes. Na primeira acepção, um dos fundamentos da análise econômica do direito, sanções legais são vistas como preços, funcionando como mecanismos

que restringem ou temperam o comportamento em relação ao seu objeto, portanto externas à interação dinâmica dos agentes.

Na segunda acepção, a norma jurídica pode ser encarada como uma obrigação moral internalizada pelo agente que assim condiciona sua conduta de acordo com parâmetros internos de ordenamento de preferências, na forma de um compromisso pessoal contrário à prática de uma ação proibida, ou ao menos sancionável (COOTER, 1998). Quando este comprometimento pessoal torna-se coletivo, sendo compartilhado, torna-se uma norma social, pois uma adequação comportamental passou a ser compartilhada por outros agentes. Esta internalização, conforme Cooter (1998), implica no reconhecimento de que se torna mais interessante ao agente o reordenamento das preferências, independente de coação externa. Este mecanismo foi definido por Cooter (1998) como sendo uma *auto-melhoria de Pareto*<sup>35</sup> induzido pela norma jurídica que modifica as preferências de agentes racionais. Tipicamente, um sistema composto por diversas normas sociais apresenta, portanto, múltiplos equilíbrios.

A função da norma jurídica, neste contexto, é destacar um ponto focal, coordenando as ações dos agentes para um novo equilíbrio. Cooter (1998) e McAdams (2008) esclarecem que normas jurídicas criam pontos focais, sem necessariamente alterar os valores internos das pessoas, mas apenas reordenando suas preferências. A sinalização de pontos focais de coordenação é consistente com a teoria do contrato social (BOUCHER E KELLY, 2005; SKYRMS, 2004), seja este na forma proposta por Hobbes (SORELL, 2006) ou Rousseau (BERTRAM, 2004).

No modelo proposto por Cooter (1998) o sentido estrito das normas sociais é utilizado, pois se refere a um consenso tácito entre um grupo de agentes sobre aquilo que as pessoas devem fazer, ou uma efetiva obrigação consensual<sup>36</sup>, mas com único objetivo de contribuir para o incremento de cooperação. O autor assume como premissa de seu modelo a legitimidade do processo legal em criar normas jurídicas a partir de seu aspecto soberano de imposição de obrigações passíveis de sanção (RAZ, 2012) e da aceitação do

---

<sup>35</sup> *Pareto self-improvement* (Cooter, 1998, p.586).

<sup>36</sup> *Effective consensus obligation* (Cooter, 1998, p.587).

agente submetido aos seus comandos, tendo em vista que a concepção e aplicação de todo o processo de criação de normas jurídicas, sendo o reflexo de uma preferência social (BOWLES e GINTIS, 2011) induziria a cooperação dos agentes de forma a deslocar o cenário para um equilíbrio Pareto-superior (COOTER, 1998).

McAdams (2000) desenvolve seu argumento sobre a influência das normas jurídicas no comportamento dos agentes em linha semelhante à Cooter (1998), afirmando que em problemas de coordenação, normas jurídicas interferem nas expectativas por revelarem pontos focais de equilíbrio. Sunstein (1996) propõe que a norma jurídica possui um efeito em si mesmo ou expresso independente ou em adição à sua função sancionadora, ou seja, que a norma jurídica altera os comportamentos dos agentes por aquilo que simplesmente declara, de forma expressa<sup>37</sup>.

Neste sentido, McAdams (2000) propõe que esta função expressa possibilita outra função para a norma jurídica que independe de uma sanção provável, ao funcionar como elemento de coordenação entre agentes em interação estratégica, ou seja, como um ponto focal em torno do qual os agentes podem coordenar suas ações, estratégias ou comportamento.

Ao invés de entender a norma jurídica apenas como um mecanismo de alocação de incentivos *strictu sensu*, pela imposição de preços a determinadas condutas realizadas pelos agentes, ela deve ser visualizada, primordialmente, pelo seu valor expresso intrínseco, em si mesmo, por declarar expressamente um objetivo que possa influenciar as expectativas sobre como os agentes devem se comportar uns em relação aos outros. Desta forma, muito mais do que seu aspecto positivo, o que interessa para agentes em interação estratégica é que a norma jurídica deixe expresso um mecanismo de ajuste das expectativas, simplesmente pelo seu anúncio, sem cogitar em sanção como efeito secundário decorrente de seu cumprimento ou não. Neste caso, a coordenação entre os agentes é o efeito desejado, pois é essencialmente benéfica para todos, sendo desnecessário impor qualquer tipo de sanção às condutas.

---

<sup>37</sup> Cooter(1998) e McAdams (2000) adotam o termo *expressive law*, para designar esta função da norma jurídica, traduzida como expressa e não expressiva, para diferenciar do termo tácito, informal, vale dizer, aquilo que não está explicitado, como por exemplo, é típico de normas sociais não escritas.

Uma parcela expressiva de interações sociais envolve algum elemento de coordenação no qual as partes envolvidas podem ter algum interesse em seu resultado, seja para se aproveitar da utilidade proporcionada, seja para evitá-la. Conforme já explorado também por Axelrod (1997, 1984), quando mutuamente interessante, mecanismos de coordenação espontânea podem induzir a cooperação dos agentes, desde que condições adequadas à interação se apresentem, como por exemplo em jogos repetidos, nos quais os agentes podem ajustar suas expectativas e, conseqüentemente, suas estratégias de forma a atingir um objetivo mutuamente mais interessante. A norma jurídica pode potencializar a convergência dos agentes para uma determinada convenção estipulada, revelando quais expectativas sejam mais prováveis em face de um cenário onde exista determinada interação estratégica. Uma placa em uma estrada dizendo “*dirija sempre pela direita*” é um exemplo desta função expressa (COOTER, 2000).

### 3.3 Efeitos Estratégicos das Normas Jurídicas

Conforme observado no referencial teórico relacionado no capítulo 2, os diversos estudos sobre o conceito e função das normas jurídicas (DINIZ, 2012, 1997, 1995, FERRAZ JUNIOR, 1978, LLOYD, 2000, REALE, 1995) referem-se à sua capacidade de comandar e normatizar a conduta das pessoas (HART, 1997, REALE, 1995, KELSEN, 1976), incentivar ou desincentivar condutas a partir de sanções positivas ou negativas (COOTER e ULEN, 2010, POSNER, 2011), definir a diferença entre aquilo que é certo ou errado a partir de considerações morais (ALEXY, 2011, PETRAZYCKI, 2011, IHERING, 1979) estabelecer o que se entende como sendo um parâmetro de justiça e equidade (RAWLS, 2002, DWORKIN, 1986), ou como mecanismo institucional que atua na estabilização e previsibilidade das expectativas sociais e econômicas (NORTH, 2005, HODGSON, 2007, 2006, 1998).

Não existe dúvida, portanto, que leis atuam sobre o comportamento dos agentes. A definição mais corrente, conforme os autores relacionados é a de que normas jurídicas formais possuem uma dimensão sancionadora e outra normativa, o que revela pouco da sua efetiva atuação no comportamento dos agentes.

O modelo conceitual aqui proposto estabelece três dimensões de análise dos efeitos das normas jurídicas formais a partir das estratégias decorrentes da interação social dos agentes. Desta forma, identificam-se três cenários distintos de interação sobre os quais atuam as normas jurídicas (COOTER, 1998, 2000 McADAMS, 2000, 2008):

- Dominância
- Cooperação
- Conflito

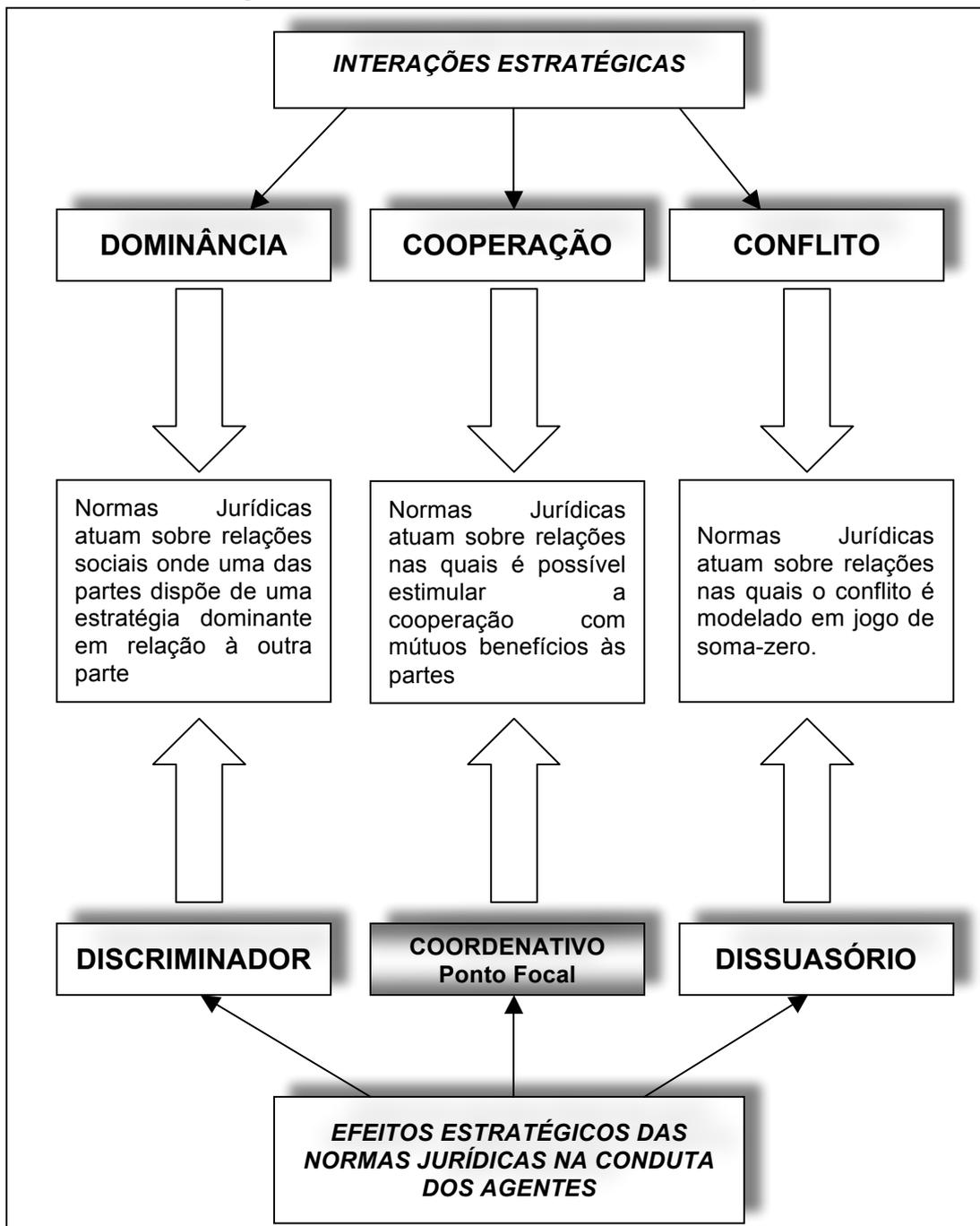
A partir da perspectiva da definição de sistema jurídico (RAZ, 2012) é possível definir os três efeitos provocados nas condutas dos agentes a partir da incidência das normas jurídicas, conforme sintetizado na figura 1. Nas interações estratégicas onde prevalece a dominância estrita, as normas jurídicas incidentes permitem que um dos agentes sempre esteja em posição de impor sua estratégia, independente de qualquer estratégia de ação proposta pelo outro agente. Estas situações podem induzir privilégios sancionados legalmente (TULLOCK, 2005, KRUEGER, 1974) de um agente sobre o outro, onde o agente sempre vai exercer esta dominância por ser a melhor estratégia disponível e que lhe maximiza sua utilidade. A norma jurídica discrimina um dos agentes em relação ao outro lhe oferecendo uma estratégia que lhe beneficie estritamente, independente de qualquer estratégia à disposição do outro agente.

Nas interações estratégicas onde há possibilidade de cooperação entre os agentes as normas jurídicas podem permitir maior coordenação resultando em cenários com ganhos mutuamente mais compensadores. Adicionalmente, o custo social poderá ser minimizado a partir da possibilidade de coordenar as estratégias dos agentes para um equilíbrio pareto-eficiente (BIERMAN e FERNANDEZ, 2011).

Nas interações estratégicas nas quais o conflito entre os agentes não possibilita a cooperação, a modelagem das normas jurídicas incidentes é feita em termos de competição estrita, ou jogos de soma-zero, nos quais a recompensa obtida por um agente deve vir estritamente da perda de igual utilidade do outro agente. Normas jurídicas criminais e todas as suas

derivações que estabelecem sanções criminais aos agentes que incorrem em condutas indesejadas podem ser modeladas desta forma, a partir de seu efeito dissuasório. A discussão se a norma efetivamente atinge o objetivo, prevenindo comportamento dos agentes vai depender do agente considerar tal ameaça crível ou não, conforme analisado na seção 2.4.4. A Estrutura do modelo conceitual está sintetizada na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura do Modelo Conceitual Proposto.



Fonte: Autor.

Normas jurídicas, como regra geral, têm prazo indefinido<sup>38</sup>, portanto, a interação dos agentes é repetida indefinidamente no tempo<sup>39</sup> na forma de um jogo iterado infinitamente<sup>40</sup>. Os agentes decidem suas estratégias, não apenas uma vez, mas inúmeras vezes, sempre que enfrentam uma situação concreta na qual a norma jurídica incide, tomando decisões conforme o cenário se apresenta.

Nalebuff e Brandenburger (1996) observam que em suas diversas esferas de manifestação, o estado pode assumir simultaneamente, o papel de jogador, comprador de produtos e serviços, fornecedor, concorrente, complementar<sup>41</sup>, assim como criador, executor e julgador de regras para funcionamento das interações sociais.

Baird, Gertner e Picker (1994) descrevem como exemplo hipotético as estratégias de um pedestre e um motorista de carro em caso típico de responsabilidade civil, tendo em vista o cuidado que cada agente supostamente exerce em face dos riscos de ter de pagar indenização por prejuízo causado em um eventual acidente de trânsito. Neste exemplo, seguindo o regime jurídico norte-americano, a ineficácia processual e a conseqüente ineficácia de medidas sancionadoras não são levadas em consideração para resolver o jogo<sup>42</sup>, como fatores que alteram as expectativas de recompensas. Apenas os regimes jurídicos materiais de reparação de dano são levados em conta. Na verdade, os autores assumem como premissa que a eficácia do sistema judicial é plena e capaz de impor a sanção devida aos agentes<sup>43</sup>.

---

<sup>38</sup> Art. 2º Não se destinando à vigência temporária, a lei terá vigor até que outra a modifique ou revogue.

Decreto-Lei nº 4.657, de 4 de setembro de 1942, Lei de Introdução às normas do Direito Brasileiro.

<sup>39</sup> Normas jurídicas provisórias, com efeito condicionado no tempo ou no espaço, não serão objeto de análise neste trabalho.

<sup>40</sup> Um jogo iterado finitamente possui solução distinta (Dixit e Skeath, 1999, Fiani, 2006, Bierman e Fernandez, 2011) sendo incompatível com o modelo aqui proposto a partir da incidência da lei como modulador das recompensas percebidas.

<sup>41</sup> O termo complementar refere-se à capacidade do estado de incentivar interações entre os agentes que gerem externalidades positivas.

<sup>42</sup> Baird, Gertner e Picker (1994, pp.10-18).

<sup>43</sup> Outro exemplo de efeito colateral a ser considerado neste caso particular seria o prêmio de seguro pago pelo motorista para se resguardar de eventuais danos potenciais.

### 3.4 Normas Jurídicas Discriminadoras

O efeito de dominância nas interações estratégicas ocorre quando o conjunto de normas jurídicas incidentes sobre o caso concreto possibilita que um dos agentes tenha sempre disponível um curso de ação que lhe seja mais benéfico de usar independente de qualquer estratégia que possa ser realizada pelo outro agente.

Assim, formalmente, o agente  $i$  dispõe de uma estratégia  $s_i^*$  que lhe proporciona uma recompensa estritamente superior a quaisquer outras estratégias  $s_i^{**}$  que ele possa adotar, independente das estratégias  $s_{-i}$  adotadas pelos outros agentes, ou seja  $u_i(s_i^*, s_{-i}) > u_i(s_i^{**}, s_{-i})$ , para todo  $s_{-i}$ . Na prática, significa dizer que o conjunto de normas jurídicas incidentes no cenário de interação *sempre* vai oferecer uma estratégia dominante, condicionando suas estratégias.

Agentes racionais, de posse desta informação, *sempre* vão utilizá-la como estratégia, independente da vontade do outro agente. Isto porque o conjunto de normas jurídicas incidentes provoca o efeito de dominância que funciona como incentivo ao agente no momento em que ele seleciona seu curso de ação.

O efeito de dominância nas interações estratégicas pode ser observado no uso instrumental da justiça nas demandas repetitivas, cujo efeito imediato tem sido o congestionamento dos tribunais e o colapso na eficácia do cumprimento dos comandos legais. A repetição do cenário ao longo do tempo em sucessivas situações concretas desloca o ponto focal da demanda do *direito material para o direito processual*, reordenando as preferências dos agentes conforme os interesses (instrumentais ou não) que estão querendo maximizar (CNJ, 2012).

Assim, aquele agente que em determinada interação estratégica tem a possibilidade de se beneficiar da ineficiência judicial, *sempre* vai adotar a estratégia que maximize sua utilidade no uso instrumental do direito processual. Reversamente, o agente que sofre com ineficiência judicial *sempre*

enfrentará a desutilidade do processo judicial de forma a minimizar suas perdas.

Tema recorrente nos meios de comunicação, o impacto da ineficiência judicial atinge a todos os agentes sociais, sendo pouco provável uma perspectiva de melhora visível em prazos razoáveis. As conseqüências nas relações sociais e econômicas são capilarizadas, tocando todos os aspectos da vida diária, desde indivíduos com relações jurídicas simples, chegando a organizações de grande complexidade, com atuação nacional e por vezes internacional.

Observa-se na prática que a aplicação das normas jurídicas no que diz respeito à sua eficácia real<sup>44</sup> é bastante seletiva, conforme a posição dos agentes nos pólos da demanda e sua capacidade postulatória. A disparidade econômica e de poder, especialmente quando um dos litigantes é o estado é determinante no resultado final dos litígios.

Pesquisa realizada pelo CNJ (2011) mostra que entre os 100 maiores litigantes na justiça do Brasil encontra-se o próprio estado através de seus órgãos de administração direta e indireta, bancos, operadoras de telefonia, seguros saúde, entre outros que se beneficiam dos procedimentos judiciais como moeda de barganha nas demandas judiciais. De fato, o processo judicial tornou-se em si mesmo uma *estratégia* utilizada pelos agentes, no qual a intervenção da norma jurídica processual seja determinante para a solução do jogo.

Formalmente, o custo imposto pela ineficiência do processo judicial reordena as preferências dos agentes e, conseqüentemente as estratégias adotadas diante do fato concreto, pois a ineficácia do cumprimento do comando disposto pela lei material estará representado na incapacidade processual do estado em fazer valer o incentivo ou desincentivo previsto, fato este de pleno conhecimento de agentes racionais.

No Brasil, os precedentes judiciais não são vinculantes nas cortes inferiores<sup>45</sup>, provocando grande divergência jurisprudencial com conseqüente

---

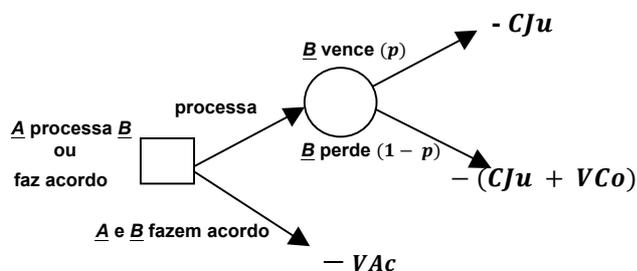
<sup>44</sup> O termo *eficácia real* é usado para se diferenciar da terminologia consolidada por doutrinadores que se referem aos planos de existência, validade e eficácia na teoria do fato jurídico (MELLO, 1995a, 1995b)

<sup>45</sup> Salvo nos casos onde incide a sumula vinculante do STF. Ver nota 6, retro.

incerteza do resultado<sup>46</sup>. Assim, os agentes que utilizam o sistema judicial recorrem em praticamente 100% dos casos (CNJ, 2012), contribuindo para o congestionamento dos tribunais pois os custos administrativos da continuidade do litígio são relativamente baixos<sup>47</sup>, estimulando o uso instrumental do processo judicial como forma de resolução de conflitos (TIMM E SANTOS FILHO, 2011).

Cooter e Ulen (1989, 2010) propõem um modelo de análise sobre a tomada de decisão dos agentes em relação a usar ou não o processo judicial para satisfazer seus interesses, conforme pode ser observado na Figura 2, no qual a decisão é baseada na expectativa de ganho do agente, em termos de um jogo seqüencial, não iterado.

**Figura 2 – A tomada de decisão de litigar.**



**Fonte: Adaptado de Cooter e Ulen (2010, p.408).**

O modelo propõe que os agentes A e B estão se encaminhando para um provável conflito de interesses no qual A avalia a necessidade ou não de mover uma ação judicial contra B em face de seus interesses<sup>48</sup> terem sido contrariados. Se os agentes entram em acordo, então um valor  $VAc$  é acertado como suficiente para encerrar o litígio. Caso B não aceite fazer acordo com A então os agentes decidem resolver seu conflito na justiça, onde duas possibilidades se abrem. B vence a demanda a partir de uma probabilidade  $p$ ,

<sup>46</sup> Posner (2011) afirma que a incerteza jurídica é um dos maiores incentivadores ao litígio, remetendo à questão inicial proposta da forma de produção de normas jurídicas claras, concisas e objetivas. A divergência nas precedentes, somada ao abstratismo excessivo das normas jurídicas contribui para a divergência nas expectativas racionais dos agentes envolvidos, pois cada entendimento distinto permite que as partes envolvidas esperem resultados distintos, eventualmente, mas não necessariamente, mais favoráveis para a sua argumentação, desincentivando a possibilidade de acordos.

<sup>47</sup> Parcela expressiva dos litígios corre ao abrigo da Assistência Judiciária Gratuita, muito embora não seja descontado o custo temporal das demandas para as partes litigantes.

<sup>48</sup> Muito embora os termos possuam definições e significados distintos, para efeito do modelo *interesse* e *direito* significam a mesma coisa.

arcando com o custo administrativo<sup>49</sup> da demanda  $CJu$  ou perde a demanda pelo seu complementar  $(1 - p)$ , sendo condenado a pagar o valor da condenação  $VCo$ , acrescido dos custos administrativos da demanda,  $CJu$ .

Para encontrar a solução desta interação estratégica, os agentes comparam os custos e benefícios de cada estratégia a partir da probabilidade  $p$  de vitória ou derrota na demanda, com o valor proposto por B como valor  $VAc$  para encerrar o processo.

Então:

$$-p \cdot CJu + (1 - p)(-CJu - VCo) = -VAc$$

Resolvendo para obter o  $VAc$  máximo que B aceitaria pagar num eventual acordo obtém-se:

$$VAc = VCo(1 - p) + CJu$$

Observe-se que o valor do acordo  $VAc$  está diretamente relacionado ao histórico de condenações (precedentes ou jurisprudência), representado pela probabilidade  $p$ , bem como o valor cominado na condenação  $VCo$ , pois na ausência de condenação expressiva, o valor máximo que B aceitaria pagar seria o custo administrativo do processo judicial, no caso da jurisprudência ser uníssona em negar os argumentos de B, ou seja,  $p \cong 0$ , resultando em:

$$VAc = VCo + CJu$$

Se B consegue estimar com razoável precisão o valor médio de condenação  $VCo$ , tem à sua disposição valiosa informação para tomar sua decisão pelo valor do acordo  $VAc$  ou não. O segundo estágio é aplicar o resultado obtido pelo modelo adaptado de Cooter e Ulen (2010) às demandas repetitivas, onde é possível identificar a motivação dos agentes no uso instrumental da justiça, constatando que os incentivos colocados à disposição estimulam o comportamento neste sentido, pois a interação estratégica entre os agentes em ações repetitivas revela que a probabilidade  $p$  de vitória judicial de B pode ser aproximada com razoável precisão.

---

<sup>49</sup> Custos administrativos englobam, por simplificação todos os custos envolvidos no manejo da ação, incluindo honorários de advogado

Esta percepção de vitória ou derrota é determinante para o agente selecionar sua estratégia que somada aos demais itens que caracterizam as demandas repetitivas estabelecem o ponto focal da interação estratégica. Tais características devem ser ressaltadas para adaptar o modelo de Cooter e Ulen (2010) ao modelo proposto:

1) A causa de pedir e o pedido<sup>50</sup> são semelhantes em função dos fatos que os originaram.

2) O custo marginal do uso do sistema judicial é baixo.

3) O custo da demora na decisão sempre beneficia um dos agentes.

4) Os precedentes judiciais em geral favorecem um dos agentes, incentivando a conduta de um dos agentes, sem em contrapartida desincentivar a conduta do agente que originou o processo.

Assim, para resolver a interação dos agentes ao longo do tempo deve-se aplicar no primeiro estágio o modelo de jogo seqüencial dos agentes em sua tomada de decisão, identificando-se a motivação dos agentes a partir da incidência das normas jurídicas e combinando o interesse do direito material com o uso instrumental do processo civil revelando assim como as expectativas são estabelecida entre os agentes em interação estratégica.

No segundo estágio analisa-se o jogo na forma iterada para identificar porque cada agente utiliza as estratégias selecionadas, tendo em consideração as características peculiares das demandas repetitivas. Propõe-se neste exemplo que o agente A é um consumidor individual que adquiriu produto ou serviço de uma empresa prestadora de atuação nacional, podendo neste caso ser uma instituição financeira, uma operadora de telefonia celular ou uma empresa de planos de saúde, ou qualquer outra organização com porte significativo. A descrição dos agentes envolvidos já pressupõe uma substancial diferença entre ambos, especialmente nos recursos disponíveis para ajustar seus interesses quando eventualmente em conflito e nas informações relacionadas à decisão de litigar.

---

<sup>50</sup> Não cabe no presente estudo deliberar sobre os elementos da ação. Portanto, apenas por simplificação, assume-se que nas demandas repetitivas as causas de pedir remota e próxima e o pedido mediato e imediato são idênticos em todas as demandas, justificando seu enquadramento num mesmo conjunto de ações passíveis de julgamento em bloco e assim facilitar a compreensão do modelo.

Historicamente, operadoras de telefonia celular e instituições financeiras são campeãs absolutas em reclamações e problemas de todas as espécies no fornecimento de seus produtos e serviços<sup>51</sup>, tanto em órgãos de defesa do consumidor como nos tribunais de todo o país. Dados do CNJ (2012)<sup>52</sup> revelam que de cada mil processos que chegam aos tribunais, quase 40% envolvem bancos. Nos tribunais estaduais, o percentual pode chegar a 54%. Ações judiciais desta natureza têm prazos de tramitação variáveis conforme a região do Brasil. No entanto, sua duração em média dificilmente é inferior a 1,5 anos. Diante deste cenário, diversas questões emergem, particularmente no que se refere aos incentivos de cada agente para adotarem suas estratégias.

Para a análise do jogo, assume-se que o consumidor A esteja considerando suas estratégias de ação em face da prestação ou compra de serviço/produto fornecido pela empresa B que eventualmente lhe causou transtornos. Similarmente, a empresa ou organização B com atuação no mercado nacional tem de decidir também como vai se relacionar com o mercado em termo de estratégia de ação na produção e fornecimento de seus produtos e serviços, afetando a tomada de decisão do consumidor A.

O consumidor médio sabe que um conjunto de normas jurídicas regula as relações de consumo<sup>53</sup>, atribuindo *direitos e deveres materiais*<sup>54</sup> em face dos produtos e serviços que adquire no mercado. Além disso, sabe também que o custo eventual de ação judicial não é proibitivo, levando em consideração a disponibilidade dos chamados Juizados Especiais Cíveis que, pelo menos em tese, deveriam oferecer solução rápida e efetiva para os problemas decorrentes de relações de consumo problemáticas. Sabe também, por seus relacionamentos sociais e acesso às informações veiculadas pela mídia, que a justiça geralmente concede a título de indenização os chamados *danos morais*, ou seja, uma quantia adicional em dinheiro para reparar o

---

<sup>51</sup> Dados do PROCON-SP (ou seja, apenas em São Paulo) atualizados até março de 2013, revelam que dos dez primeiros postos do ranking de reclamações todas as maiores operadoras de telefonia estavam rankeadas, juntas com outras três instituições financeiras, sendo as restantes posições ocupadas por operadoras de televisão a cabo. Órgãos públicos da administração direta não são listados nesta instituição. (Fonte: [www.procon.sp.gov.br](http://www.procon.sp.gov.br)).

<sup>52</sup> Disponível em [www.cnj.jus.br](http://www.cnj.jus.br)

<sup>53</sup> Especialmente o código de defesa do consumidor, Lei 8078/90.

<sup>54</sup> Usa-se esta afirmação para diferenciar direitos e deveres materiais dos aspectos processuais envolvidos na tomada de decisão dos agentes.

chamado dano extrapatrimonial, decorrente do regime de responsabilidade civil (BATTESINI, 2011, SILVA, 1998, PEREIRA, 1997). Simultaneamente, sabe que todo e qualquer problema surgido em relações de consumo incorre em custos de toda sorte para fazer frente ao aborrecimento.

A empresa / organização B, por seu turno, sabe que do universo de clientes em sua carteira apenas uma minoria efetivamente levará um problema às últimas conseqüências, pois o custo envolvido na reclamação desmotiva muitos a absorverem o prejuízo. Além disso, a empresa B sabe por antecipação que, ainda que tenha uma grande probabilidade  $p$  de perder a demanda num eventual litígio judicial, a condenação  $VCo$  atribuída nunca excede determinado patamar, por força de decisão consolidada nos tribunais brasileiros de que nenhuma reparação deve servir para um suposto enriquecimento injustificado da parte em face da outra.<sup>55</sup> Tal entendimento tem sido alargado pelos julgadores em todas as instâncias dos tribunais permitindo a *precificação do dano* com grande margem de acerto, reduzindo, portanto as incertezas dos agentes econômicos em relação a estes cenários litigiosos, informação crítica e valiosa em qualquer cenário de tomada de decisão de negócios. As decisões adotadas pelos tribunais através da interpretação das leis processuais e materiais têm duas conseqüências imediatas:

1) sinaliza ao consumidor A que sempre poderá ter expectativa de algum lucro em demandas judiciais, pois o baixo custo de litigar e a quase certeza de recebimento da indenização estimulando o manejo de ações de reparação, ainda que claramente motivadas por interesses financeiros, tornando-se uma das causas do congestionamento da justiça<sup>56</sup>.

2) a empresa B, tendo conhecimento que apenas uma parcela de clientes descontentes terá disposição para enfrentar um processo judicial não vai modificar suas condutas empresariais, pois adicionalmente sabe que em caso de uma condenação judicial o custo da condenação  $VCo$  ainda ficará muito abaixo dos lucros auferidos com as operações (mesmo somado ao custo

---

<sup>55</sup> Art.884. *Aquele que, sem justa causa, se enriquecer à custa de outrem, será obrigado a restituir o indevidamente auferido, feita a atualização monetária* (Código Civil, Lei 10.406/2002)

<sup>56</sup> Ações de consumo, normalmente são direcionadas aos juizados especiais Cíveis, correspondendo a aproximadamente 70% do total de ações em curso em todo o país.

administrativo  $CJu$ ), o que não impede que um número expressivo de litigantes seja o suficiente para congestionar os tribunais.

Na representação formal, conforme se observa na Figura 3 é possível identificar que o consumidor A tem à disposição um forte incentivo para litigar, conforme conclusão abstraída da análise proposta por Cooter e Ulen (2010), dadas as condições peculiares que revestem as demandas repetitivas.

A organização/empresa B, por seu turno, sabendo que o prejuízo agregado total causado pelas condenações ( $VCo + CJu$ ), é substancialmente menor que os lucros auferidos em suas operações<sup>57</sup> sempre vai optar por sua estratégia dominante, ou seja, realizar produtos serviços de baixa qualidade, ainda que a jurisprudência consolidada revele que  $p \cong 0$ , ou muito próximo disso, e sabendo adicionalmente que o custo da condenação  $VCo$  está tarifado nos tribunais<sup>58</sup>, podendo ser calculado com razoável precisão.

Portanto, a solução do jogo na forma iterada será sempre a combinação de estratégias (*processar, (-) qualidade*), pois as condições permanecem inalteradas com os incentivos propostos pelas normas jurídicas incidentes estimulando as demandas repetitivas por parte daqueles consumidores que queiram usar instrumentalmente da justiça em seu benefício e, conseqüentemente, congestionando os tribunais.

A organização/empresa B, podendo avaliar custos e prejuízos de suas operações vai sempre preferir assumir o risco de pagar o custo  $VCo$  das condenações do que melhorar a qualidade de seus produtos/serviços. De fato, para B sempre será mais barato litigar do que investir em qualidade, conforme exposto na figura 3.

---

<sup>57</sup> No caso de operadoras de celular, existem atualmente 262 milhões de aparelhos ativos no país, divididos praticamente em sua totalidade entre quatro operadoras nacionais: Vivo, Tim, Claro e Oi, respectivamente cada uma com 28,91%, 26,92%, 25,00%, 18,85% de market share. (fonte: [www.teleco.com.br/mshare.asp](http://www.teleco.com.br/mshare.asp) acesso em fev. 2013)

<sup>58</sup> O STJ reiteradamente decide questões acerca deste tema aumentando ou diminuindo os valores de condenação para patamares semelhantes nas chamadas causas repetitivas relacionadas à questões de consumo.

**Figura 3 – A decisão de litigar em relações de consumo.**

		(B)	
		(+) qualidade	(-) qualidade
(A)	processar	-2 1	-1 2
	Não processar	2 -1	3 -2

**Fonte: Autor.**

### 3.5 Normas jurídicas Coordenativas

A questão fundamental que motiva o uso de jogos repetidos como modelo de análise da ação das normas jurídicas na percepção de resultado dos agentes em interação estratégica é a possibilidade de coordenação e, eventualmente, cooperação naquela situação de incidência de leis nas quais os agentes não possam ser individualmente identificáveis ou determináveis, ou seja, nos casos de ação coletiva, onde haja incidência conjunta de normas jurídicas formais e normais sociais tácitas (POSNER, 2000).

Formalmente, tal situação somente pode ser encontrada em jogos onde exista a possibilidade de encontrar múltiplos equilíbrios de Nash, ou pelo menos um equilíbrio, no qual ambos os jogadores escolhem suas melhores respostas, levando em consideração as melhores escolhas dos outros jogadores.

Desta forma, normas jurídicas devem atuar em jogos de cooperação/coordenação, modificando a percepção de ganho dos jogadores, possibilitando a existência de pelo menos um equilíbrio de Nash. Ou seja, nos casos de modelagem não-estritamente competitivos, com incidência deliberada da norma jurídica, múltiplos equilíbrios de Nash devem ser não só possíveis, mas devem ser condição necessária (embora não suficiente) para a interação dos agentes em ambiente social.

Significa afirmar que a norma jurídica deve atuar nestas interações estratégicas para alterar as expectativas de recompensas através da sinalização de um ponto focal entre os múltiplos equilíbrios (McADAMS, 2000) eventualmente disponíveis na interação, de modo que a combinação de estratégias utilizadas seja não somente um equilíbrio de Nash, mas preferencialmente pareto-eficiente, oferecendo a melhor solução para a interação estratégica dos agentes sociais e assim minimizando os custos sociais.

Fiani (2006, p.104) descreve o caso hipotético de duas empresas de tecnologia que não estão diretamente competindo entre si, mas definitivamente estão em interação estratégica, ainda que não saibam, a priori, qual a estratégia que cada uma vai utilizar, conforme visto na Figura 4. A empresa A tem de decidir se vai ou não desenvolver uma nova ferramenta para o seu sistema operacional. A empresa B, por seu turno, tem que decidir, simultaneamente, se atualiza ou não seu antivírus para a nova ferramenta a ser introduzida pela empresa A.

**Figura 4 – Interação Estratégica sem Coordenação.**

		( B )	
		atualizar	Não atualizar
( A )	desenvolve	2      1	-1      -2
	Não desenvolve	0      -1	1      2

**Fonte: Adaptado de Fiani (2006,p.104).**

Observa-se imediatamente a existência de dois equilíbrios de Nash, na combinação de estratégias (*desenvolve, atualizar*) e (*não desenvolve, não atualizar*). Em ambos os casos a estratégia utilizada por cada uma das empresas é a melhor resposta possível, levando em consideração as estratégias disponíveis, uma em relação à outra, pois oferecem recompensas que avalizam cada um dos cenários escolhidos.

Entretanto, analisando o caso a partir da geração de externalidades positivas (COOTER, 2012), é intuitivo observar que, mesmo sendo um equilíbrio justificável em relação aos cenários propostos, a combinação (*não desenvolve, não atualiza*) demonstra que os agentes, dadas as circunstâncias em que se encontram entendem como perfeitamente racional e aceitável tal equilíbrio, pois não tem incentivos para mudar suas decisões, ou seja, o equilíbrio encontrado explica a situação levando em consideração as expectativas geradas pelas opções disponíveis no cenário proposto.

Na ausência de coordenação, mantidas as regras deste jogo, caso a empresa A opte por não investir no desenvolvimento de seu produto, claramente a melhor resposta possível da empresa B é não investir na atualização do seu antivírus, pois se assim o fizesse assumiria um prejuízo nas suas operações. Simultaneamente observa-se que caso a empresa B decidisse não investir na atualização do seu antivírus, a melhor resposta possível da empresa A seria não investir no desenvolvimento de seu novo produto, ou seja um equilíbrio de Nash estável, em face do cenário externo tendo em vista um nível normal de aversão ao risco dos agentes (PINDYCK e RUBINFELD, 2009, FIANI, 2006, MAS-COLLEL, 1995).

Neste caso, para reduzir, ou pelo menos mitigar a assimetria de informação (MACHO-STANDLER e PÉREZ-CASTRILLO, 2001) e suas conseqüências, o estado pode utilizar as normas jurídicas para enfrentar a possibilidade de seleção adversa e eventualmente risco moral<sup>59</sup> (PINDYCK e RUBINFELD, 2009, MACHO-STANDLER e PÉREZ-CASTRILLO, 2001, MAS-COLLEL, 1995) na relação estratégica dos agentes, sinalizando a partir de incentivos legais, que é possível escolher a combinação (*desenvolver, atualizar*) com claros benefícios para ambos os agentes.

Trata-se de facilitar a saliência de um ponto focal deliberadamente proposto através de normas jurídicas adequadas que reduza as incertezas dos agentes na tomada de decisão. Desta forma, para que a coordenação ocorra, instituições formais e informais devem possibilitar que os agentes envolvidos tenham incentivos para procurar este equilíbrio mais favorável (pareto-superior)

---

<sup>59</sup> Alguns autores adotam o termo *risco* como equivalente a *perigo*, para se referir ao fenômeno típico de situações de assimetria de informação conhecido em inglês como *moral hazard*.

em detrimento do outro. Instituições formais facilitam a visualização deste ponto focal, a partir de normas jurídicas que favoreçam a inovação, como por exemplo, direitos de propriedade intelectual que assegurem ao inovador beneficiar-se das suas idéias, leis de tributação que permitam alocar recursos aos interessados em desenvolver novos produtos, leis de importação e exportação que permitam a diminuição dos custos de transação na negociação dos produtos e compra de insumos em conjunto com mecanismos informais, como por exemplo facilidade de acesso e de comunicação entre os agentes através da facilitação de eventos que promovam o seu contato direto.

O modelo ajustado da interação estratégica entre estes agentes, com incidência deliberada de incentivos a partir de normas jurídicas é demonstrado na Figura 5.

**Figura 5 – A Norma Jurídica criando Ponto Focal de Coordenação.**

		(B)	
		atualizar	Não atualizar
(A)	desenvolver	100 100	-2 -1
	Não desenvolver	0 -1	1 2

**Fonte: Adaptado de Fiani (2006,p.104).**

Claramente, ainda que subsista outro equilíbrio, a combinação *(desenvolver, atualizar)* revela-se bastante atraente para os agentes, estimulando que ambos procurem este equilíbrio para a interação. Observe-se adicionalmente que, sendo o jogo iterado infinitamente, esta combinação torna-se estável ao longo do tempo, em face do ambiente institucional favorável.

Formalmente a norma jurídica deve alterar as preferências dos agentes de tal forma que

$$(desenvolver, atualizar) > (não desenvolver, não atualizar)$$

De fato, instituições não-formais, como por exemplo, ambientes de negócio que favoreçam canais de comunicação entre os diversos *players* do

mercado (POSNER, 2000) também podem ser incentivados a partir de normas jurídicas facilitadoras. Scotchmer (2006)<sup>60</sup> corrobora esta avaliação, embora cautelosamente deduza várias questões acerca do papel, por exemplo dos mecanismos estatais de financiamento e leis de proteção à propriedade intelectual, que precisam ser cuidadosamente articulados para produzir efeitos favoráveis. De qualquer sorte, ainda que as combinações devam ser adequadas a cada contexto, incentivos institucionais exercem diferença decisiva na tomada de decisão dos agentes<sup>61</sup>.

Em outro cenário, Hilbrecht<sup>62</sup> propõe um jogo mostrado na Figura 6 para explicar a reação de agentes racionais em face de uma possível corrida bancária devida a rumores de crise de liquidez no sistema, provocando a retirada de depósitos em massa por parte de correntistas e assim, potencialmente provocando o colapso sistêmico do sistema financeiro como um todo<sup>63</sup>, ou no mínimo, do banco alvo dos rumores.

No cenário descrito por Hilbrecht (TIMM, 2011) a solução pode vir através de mecanismos externos aos agentes em interação estratégica, portanto, através de normas jurídicas, pois são os únicos elementos de restrição ou incentivo da ação social com legitimidade e autoridade para alterar a perspectiva de recompensas para cada estratégia adotada.

A figura 6 mostra o modelo de Hilbrecht (TIMM, 2011), no qual através da análise de cada célula do jogo é possível identificar dois equilíbrios de Nash possíveis. No exemplo observa-se a situação de dois depositantes de um mesmo banco, cada um tendo \$100 no referido estabelecimento. O banco, por sua vez, investe estes recursos em negócios com promessa de retorno aos investidores no futuro, representado na combinação que oferece um ganho coletivo de \$200.

---

<sup>60</sup> Scotchmer (2006, p.97) propõe um modelo de como as normas jurídicas devem ser produzidas para tratar os direitos de propriedade intelectual de maneira a incentivar a inovação.

<sup>61</sup> O capítulo primeiro de seu trabalho é inteiramente devotado ao papel das instituições americanas e sua importância no desenvolvimento científico e tecnológico.

<sup>62</sup> Ronald Otto Hilbrecht, Uma Introdução à Teoria dos Jogos *in* Timm (2011, pp.115-138).

<sup>63</sup> O autor enfatiza as diferenças fundamentais que caracterizam as crises bancárias ocorridas nos Estados Unidos em 1929 e 2007-2008, demonstrando porque os cenários eram diferentes. Particularmente no caso da mais recente crise, quando ficou demonstrado que houve ausência de regras mínimas que regulamentação no setor financeiro de derivativos que operava à margem dos controles oficiais, conhecido como *shadow banking system*. Modelos agente-principal explicam que o problema da informação privada oculta resultou na multiplicação descontrolada de situações de seleção adversa, causando assim o colapso sistêmico.

**Figura 6 – Interação Estratégica no Sistema Bancário.**

		B	
		sacar	Não sacar
A	sacar	25	0
	Não sacar	0	100

**Fonte: Adaptado de Hilbrecht (Timm, 2011, p.122).**

No entanto, em face das notícias diárias, existem rumores sólidos de que o banco está passando por dificuldade de liquidez o que afetaria a sua capacidade de honrar os depósitos dos clientes. Nesta situação, ainda que exista uma promessa de ganho futuro expressivo na combinação de estratégias (*não sacar, não sacar*), a tendência dos agentes é correr ao banco para sacar seus depósitos. Tal situação ocorre conforme demonstrado empiricamente por Kahneman e Tversky (1979), ou seja, agentes preferem a certeza do ganho menor à incerteza de uma perspectiva de lucro (efeito certeza), pela incapacidade dos agentes de celebrar compromissos críveis. Desta forma, a corrida se torna irresistível e os agentes correm para sacar seus fundos, colapsando o banco e levando-o à quebra, solucionando o jogo da pior forma para todos os jogadores. Sem normas jurídicas atuando sobre a interação, este será o ponto focal visualizado pelos agentes, pois sua experiência pessoal somada a ausência de elemento externo que modifique as expectativas dos agentes tornará este resultado como o mais provável.

Na verdade, os agentes ao correr para sacar estão racionalmente tentando diminuir suas perdas, pois a análise das estratégias disponíveis demonstra que, caso um agente saque e o outro agente não o faça, pode recuperar \$50, quando na verdade todos estão agindo exatamente da mesma forma e o resultado mais provável é recuperar apenas \$25, ou seja, o mais estável e provável equilíbrio de Nash é a combinação (*sacar, sacar*), pois na ausência de coordenação, o ponto focal estabelecido, baseado nas expectativas racionais de todos os agentes envolvidos, é a tentativa individual

de reduzir o prejuízo. Resultado: a corrida ao banco impõe perda inevitável aos agentes, uma vez que é previsível que na ausência de coordenação todos os correntistas correrão para tentar sacar o mais rápido possível seus recursos.

McAdams (2008) faz uma ressalva sobre esta simplificação, observando que o modelo de corrida ao banco deve levar em conta outras variáveis condicionantes da tomada de decisão do agente em selecionar a combinação (*sacar, sacar*). Isto porque exclui, da forma proposta, duas possibilidades de equilíbrio<sup>64</sup>, em momentos distintos da situação descrita: um equilíbrio possível no qual o banco é considerado estável e outro equilíbrio no qual existe a corrida ao banco. De fato, antes de haver a incerteza existe uma situação de estabilidade, portanto, há um equilíbrio nesta condição. Após o surgimento da incerteza, através de boatos espalhados no mercado, a lógica da situação se modifica e, conseqüentemente os equilíbrios disponíveis no jogo, revelando que o equilíbrio mais provável para agentes racionais definitivamente seja tentar chegar antes ao banco do que outros correntistas. Assumindo que as expectativas dos agentes sejam racionais, a solução, portanto se resume a identificar onde está o ponto focal da interação que permita que os agentes coordenem suas ações.

Ao introduzir a norma jurídica na modelagem de maneira crível, esta seria aplicada repetidamente, assumindo o compromisso de garantir o valor depositado até um determinado limite, impedindo assim o colapso da instituição, pois os agentes não teriam razão nenhuma para tentar sacar seus recursos, já que os valores depositados estariam garantidos por compromissos críveis, por normas jurídicas de regulação do sistema financeiro.

A repetição do jogo a partir da expectativa de continuidade das normas jurídicas no ambiente e o conseqüente aprendizado dos agentes envolvidos revelariam o novo ponto focal necessário para a estabilidade do sistema, presumivelmente um equilíbrio de Nash que também seria pareto-eficiente. O novo jogo seria representado formalmente de acordo com Figura 7.

---

<sup>64</sup> Assumindo que a interação estratégia seja modelada através do modelo clássico do dilema do prisioneiro, conforme nota o autor.

Figura 7– A Norma Jurídica como Ponto Focal de Coordenação.

		(B)	
		sacar	Não sacar
(A)	sacar	25	<b>100</b>
	Não sacar	<b>100</b>	100

Fonte: Adaptado de Hilbrecht (Timm, 2011, p.122).

Observe-se que a alteração das expectativas a partir da utilização correta da norma jurídica na interação estratégica retirou a incerteza dos agentes, pois conforme pode ser constatado pela inspeção em cada célula ambos os jogadores agora dispõe de uma estratégia dominante, ou seja, independente da estratégia do outro agente *sempre* vai ser mais interessante para qualquer dos agentes não sacar os recursos do banco, ou seja:

$$(não\ sacar, não\ sacar) > (sacar, sacar)$$

### 3.6 Normas Jurídicas Dissuasórias

Normas jurídicas também produzem efeitos em interações estratégicas estritamente competitivas, nas quais o ganho de um agente necessariamente deve sair do prejuízo do outro agente, pois se trata de jogos de soma-zero, característico de situações de conflito (FIANI, 2011, SCHELLING, 1980, 2006). A visão clássica da análise econômica do crime (EIDE, 2012, GAROUPA, 2009) atribui às normas jurídicas um desincentivo à conduta, muito embora este efeito apresente grande variação empírica (DOOB e WEBSTER, 2003, LEVITT, 1996, EHRlich, 1972, 1973, 1975, SHIKIDA, 2010, 2001).

O campo representado pelas normas jurídicas de caráter criminal corresponde a um segmento especial e destacado nos estudos jurídicos, pois suas características as diferenciam de todas as demais (BECKER, 1993, 1976, 1968). Tais regramentos, em qualquer parte do mundo, definem aqueles tipos de comportamento que são considerados inaceitáveis pela sociedade que as

legitimou, vale dizer, uma conduta que não admite negociação, pois é considerada crime passível de sanção (CORNWELL e TRUBULL, 1994). Para conceber o modelo, portanto, é necessário entender a sistemática proposta pelos textos legais que regulam a matéria criminal para posteriormente aplicá-la aos preceitos metodológicos típicos de jogos de estratégia.

Assim, de acordo com De Jesus (1995) e Mirabete (1996) têm-se as seguintes definições relativas à normas jurídicas criminais:

- O crime ou contravenção é definido como sendo o *fato típico, antijurídico e culpável*.
- *Fato típico* é aquele comportamento humano (positivo ou negativo) que provoca um resultado que é expressamente descrito na lei penal como infração (crime ou contravenção)<sup>65</sup>.
- *Antijurídico* é todo aquele fato típico considerado pela norma jurídica como sendo ilícito, ou seja, a lei descreve precisamente aquela conduta do agente passível de ser sancionada criminalmente.
- *Culpável* é o elemento de ligação entre o fato típico e antijurídico ao agente que pratica a conduta (MIRABETE, 1996).
- Quando qualquer agente do estado investido de autoridade policial enfrentar situação na qual outro agente encontra-se em flagrante delito *deve* imediatamente proceder à sua prisão<sup>66</sup>.

Com estas definições é possível extrair os elementos necessários para a concepção do modelo de interação estratégica. Assim, a incidência das normas jurídicas de caráter criminal no fato concreto identifica dois agentes em interação estratégica: 1) o agente que realiza a conduta e 2) o agente (autoridade) que combate a conduta. As definições propostas por De Jesus

<sup>65</sup> Art. 1º - Não há crime sem lei anterior que o defina. Não há pena sem prévia cominação legal (Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940 - Código Penal).

<sup>66</sup> Art. 301 - Qualquer do povo poderá e as autoridades policiais e seus agentes **deverão** prender quem quer que seja encontrado em flagrante delito

Art. 302 - Considera-se em flagrante delito quem:

I – está cometendo infração penal;

II – acaba de cometê-la;

III – é perseguido, logo após, pela autoridade, pelo ofendido ou por qualquer pessoa, em situação que faça presumir ser autor da infração;

IV – é encontrado, logo depois, com instrumentos, armas, objetos ou papéis que façam presumir ser ele autor da infração. (Código de Processo Penal – CPP – Decreto-Lei 3.689, de 3 de outubro de 1941)

(1996) e Mirabete (1996) determinam que existem duas ações irreconciliáveis do ponto de vista da interação, ou seja, os agentes envolvidos neste tipo particular de jogo estão necessariamente em conflito, pois a norma jurídica define que a conduta praticada por um dos agentes impossibilita estritamente a cooperação ou dominância em relação ao outro agente, pois a norma jurídica criminal determina expressamente que a ação praticada é penalmente sancionável por definição, e que o outro agente, presumivelmente uma autoridade investida de poder pelo estado, quando na presença de um agente realizando a conduta tem o *dever* de agir para aplicar a lei. Desta forma é possível estabelecer que irremediavelmente existem apenas dois eventos possíveis no conflito entre os dois agentes: se o agente A comete o crime, ele ganha utilidade  $u$ , enquanto o agente B, o estado, perde uma utilidade  $-u$ . Reversamente, se o agente B prende o agente A em flagrante delito, ele adquire utilidade  $u$ , enquanto A perde utilidade  $-u$ .

Modela-se o conflito, portanto, como um jogo de soma-zero, no qual o ganho de um agente fatalmente implica na perda da mesma quantidade do outro agente. Formalmente, configura-se um cenário com dois jogadores A e B onde o conjunto de estratégias de cada jogador é dado respectivamente por:

$$S_A = (s_i^a, s_j^a) \text{ e } S_B = (s_i^b, s_j^b)$$

Para que o jogo seja estritamente competitivo, suas funções de recompensa  $U_A$  e  $U_B$  devem ser determinadas respectivamente pela combinação de estratégias:

$$U_A(s_i^a, s_j^b) = -U_B(s_i^a, s_j^b)$$

ou

$$U_A(s_i^a, s_j^b) + U_B(s_i^a, s_j^b) = 0$$

Ou seja, a definição formal de uma interação estratégica estritamente competitiva expressa exatamente o que as normas jurídicas criminais definem de forma literal. Uma ação considerada criminosa não admite que o outro agente tome outra iniciativa que não seja combatê-la e impedir que seja realizada, ainda que seja apenas uma premissa teórica necessária à concepção do modelo. O modelo de interação pode ser exemplificado em sua

forma estratégica através da interação entre os agentes A e B em situação de conflito irreconciliável, conforme mostrado na Figura 8. A é o agente cometendo o ato criminoso e B é o agente do estado que busca combater o crime. As estratégias dos jogadores são respectivamente:

$$S_A = (\textit{planejar}, \textit{oportunidade}) \textit{ e } S_B = (\textit{inteligência}, \textit{ostensiva})$$

Ou seja, para A existem duas estratégias para cometer crimes, *planejar* suas ações ou aproveitar-se de uma *oportunidade* que se apresente. Cada uma oferecerá uma recompensa respectiva. Para o agente B, por sua vez, duas alternativas se apresentam para enfrentar a interação estratégica. Utilizar uma estratégia baseada na *inteligência* obtida pelas informações colhidas pelos setores de combate ao crime ou utilizar a estratégia *ostensiva*, na qual prefere colocar mais agentes em campo para prevenir os ataques e evitar o cometimento do crime. Note-se que ao ser modelado como jogo de soma-zero, por definição, o sucesso de cada agente no uso de sua estratégia implica necessariamente a perda pelo outro agente de mesma quantidade de utilidade.

**Figura 8 – Interação Estritamente Competitiva.**

		(B)	
		inteligência	ostensiva
(A)	planejar	1     -1	3     -3
	oportunidade	2     -2	1     -1

**Fonte: Autor.**

Inspecionando cada célula, não é possível estabelecer um equilíbrio de Nash em estratégias puras nesta interação, pois não existe nenhuma combinação de estratégias que ofereça a maior utilidade possível para ambos os jogadores simultaneamente. Caso o criminoso A optar por uma estratégia de *planejar* melhor seus crimes, a melhor resposta possível para o agente do estado e que minimize suas perdas é utilizar a estratégia de *inteligência*. No entanto, caso o estado invista seus recursos na estratégia *inteligência*, a melhor resposta para o criminoso A é aguardar e usar a estratégia *oportunidade*, pois claramente seu retorno é maior. Similarmente, caso o agente A resolva utilizar sua estratégia *oportunidade*, a melhor alternativa à disposição de B é aumentar seu contingente nas ruas, adotando a estratégia *ostensiva*. Por outro lado, No momento que B usa a estratégia *ostensiva*, colocando mais agentes policiais nas ruas, a melhor alternativa à disposição do criminoso A é usar a estratégia *planejar*, pois com certeza vai maximizar seu retorno.

Portanto, o jogo proposto pelos agentes descreve um cenário na qual a melhor opção de um dos agentes representa um resultado reversamente negativo para o outro, impossibilitando uma combinação de estratégias puras que satisfaça simultaneamente ambos os agentes.

Eventualmente, em jogos de soma-zero, a resolução do problema pode levar à conclusão que nenhum equilíbrio de Nash pode ser encontrado em estratégias puras pois a lógica do conflito prevalece, sem que nenhum resultado possa simultaneamente agradar ambos os jogadores.

No entanto, partindo da premissa que esta interação estratégica modela a aplicação das normas jurídicas de caráter criminal, no qual a

incidência do tipo penal ao caso concreto não permite nenhum tipo de compromisso garantido entre os agentes, a utilização de estratégias puras oferece uma limitação à compreensão da lógica da situação de combate ao crime.

Uma aproximação mais real seria utilizar estratégias mistas, nos quais a incerteza da ação dos agentes pode permitir que se estabeleça pelo menos um equilíbrio de Nash, que revele a viabilidade da ação de ambos os agentes em conformidade com a probabilidade de usar uma ou outra estratégia.

Assim, o conjunto de estratégias puras do jogador  $i$ , representado por  $S_i = (s_1, \dots, s_n)$ , seria representado agora por  $M_j = (s_1 \cdot p_1, \dots, s_n \cdot p_n)$ , com  $p_j > 0$ , para qualquer estratégia  $s_j$  à disposição do jogador  $i$  (BIERMAN e FERNANDEZ, 2011). Como se trata da modelagem da aplicação de uma norma jurídica incriminadora, representada por um *fato típico, antijurídico e culpável*, como meio de decisão por parte dos agentes em interação estratégica de se valer de estratégias mistas, a probabilidade de utilização de uma determinada estratégia em detrimento de outra permite o entendimento de que no jogo estritamente competitivo que ocorre entre estes agentes, o fator incerteza desempenha papel fundamental na eficácia das medidas concretas, particularmente considerando as limitações orçamentárias derivadas de recursos escassos que possam ser aplicados em todas as estratégias disponíveis.

De fato, ambos os agentes envolvidos nesta interação estratégica possuem informação incompleta (MACHO-STANDLER e PEREZ-CASTRILLO, 2001) a respeito da seleção de estratégias de cada um. Desta forma, sabendo-se, que a incerteza é fator determinante na tomada de decisão, cada estratégia adotada no combate à criminalidade pelo agente estado, deve oferecer a real possibilidade de se efetivar concretamente, ou seja, a ameaça proposta por uma estratégia selecionada pelo agente estado deve ser crível e de seu interesse de levar a cabo seus efeitos toda vez que a opção de utilizá-la se apresenta. Do contrário, não sendo crível, a ameaça é simplesmente ignorada pelo jogador racional (BIERMAN e FERNANDEZ, 2011). As estatísticas de combate à criminalidade confirmam esta percepção, particularmente quando se

trata de crimes de oportunidade (CLARKE, 2009, 1995, 1980, CAMERON, 1988, COHEN e FELSON, 1979) e como os equilíbrios podem ser encontrados em cenários modelados por jogos de soma-zero. Becker (1968) destaca formalmente a variável probabilística, embora não a contextualize em cenário de interação estratégica.

### 3.7 Conclusões

Neste capítulo foi introduzido o modelo conceitual que analisa as normas jurídicas não mais através da sua clássica visão normativa e coercitiva, mas pela perspectiva dos efeitos estratégicos que provoca nas interações dos agentes sociais, ou seja, discriminante, coordenativo ou dissuasório. Os exemplos analisados não são exaustivos, pois o modelo apresentado pode ser aplicado em vários outros cenários nos quais a lógica da situação pode ser resolvida a partir do formalismo da teoria dos jogos. O objetivo é demonstrar a potencialidade do modelo como ferramenta analítica. No próximo capítulo é desenvolvido o modelo computacional com o objetivo de reunir os conceitos apresentados e demonstrar empiricamente como ocorre a sua dinâmica a partir de experimentos de simulação.

## 4. IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

### 4.1 Introdução

Neste capítulo é feita uma implementação computacional do modelo conceitual de forma que seja possível observar de forma didática como são relacionados os conceitos analíticos propostos no capítulo anterior. Deve-se ressaltar que a situação escolhida é uma simplificação e não cobre todas as possibilidades elencadas no modelo conceitual proposto. Os experimentos desta implementação estão limitados à escolha entre duas estratégias puras, a partir de direcionadores que simulam os incentivos institucionais descritos no referencial teórico. O objetivo do experimento é mostrar a incidência independente e simultânea destes incentivos na sociedade e o mecanismo estratégico de tomada de decisão dos agentes ao longo da interação social. Descreve-se de maneira detalhada como foi modelado o ambiente multiagente e propõe-se um exemplo de aplicação. Exemplos de simulação, com vários cenários possíveis estão colocados no Apêndice 1. As descrições do modelo a partir do protocolo ODD (GRIMM *et al.*, 2010) estão colocadas no Apêndice 2.

### 4.2 Estrutura Computacional do Modelo

Modelagem é uma combinação de arte e ciência (PIDD, 2004, SHANNON, 1975). A literatura sobre simulação multiagente enfatiza a necessidade de detalhar os passos da modelagem de forma sistemática e coerente (RAILSBACK e GRIMM, 2012, LIU e ECK, 2008) de modo a possibilitar sua replicabilidade em diferentes cenários e condições, a partir do referencial teórico de construção do modelo original (LAW, 2007).

Tal situação se deve ao fato de que o projeto de um modelo baseado em agentes é uma progressão de uma heurística preliminar, onde idéias, dados e hipóteses são formuladas até chegar a uma representação formal e rigorosa do modelo inicial implementado em uma plataforma de simulação (WOOLDRIDGE, 2002)

Law (2007, p.67) propõe uma seqüência sistemática de passos em seu fluxograma de modelagem e simulação para a realização de um projeto de

simulação. Railsback e Grimm (2012) descrevem três razões fundamentais para que a formulação do modelo baseado em agentes seja completa:

- Obrigar o autor do modelo a pensar explicitamente sobre cada parte do modelo projetado.
- Permitir a comunicação das idéias e conceitos do modelo de forma coerente e inteligível para colegas e outros pesquisadores que possam criticar as premissas e oferecer sugestões/modificações no modelo.
- Desenvolver uma formulação clara e simples que seja capaz de ser traduzida explicitamente na implementação computacional do modelo, para cada uma das premissas conceituais, ou seja, que o programa revele minuciosamente cada passo do autor para demonstrar sua hipótese.

O modelo computacional busca formalizar o modelo conceitual em entidades computacionais, ou seja, as duas dimensões de análise institucional como duas categorias independentes de incentivos que servem como direcionadores do comportamento estratégico dentro do ambiente de modelagem multiagente NetLogo 5.0.1 (WILENSKY, 2002, 1999).

A característica principal que deve apresentar um modelo baseado em agentes é a simplicidade de regras de interação (WOOLDRIDGE, 2002) que permita a emergência de fenômenos complexos (AXELROD, 2006). Desta forma são propostos dois direcionadores que funcionam como fontes independentes de incentivos aos agentes, representando assim a ação de normas formais e normas sociais, conforme proposto no modelo conceitual.

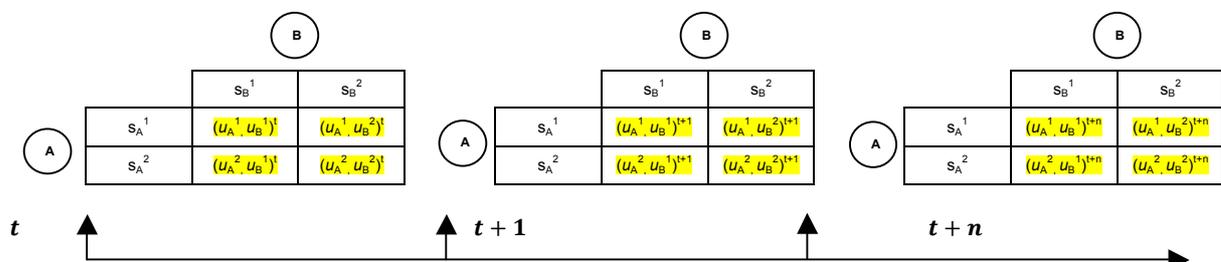
**DIE - Direcionador institucional explícito** - São externas ao sistema e são controladas a partir do observador externo, que atribui níveis diferentes de recompensa (incentivos positivos ou negativos), usando a função preço da norma formal explícita.

**DIT - Direcionador institucional tácito** - são atribuídas internamente, a partir de um parâmetro inicial fornecido pelo observador. Após o início do experimento de simulação o valor gerado pelas interações no ambiente é computado em função da quantidade de agentes com a qual é

inicializada a simulação. As interações dos agentes no ambiente resultam em fenômenos emergentes, decorrentes das interações, conforme os parâmetros fornecidos, permitindo a visualização de múltiplos cenários de interação estratégica. Os direcionadores DIT representam normas jurídicas coordenativas, que atuam sinalizando pontos focais. A Figura 9 mostra esquematicamente uma interação social genérica 2 x 2 entre dois jogadores A e B com duas estratégias puras, azul e vermelha, na qual as funções de recompensa  $U_n^i$  são afetadas simultaneamente por um conjunto  $J = (j_1, j_2, \dots, j_{k-1}, j_k)$  de DITs e um conjunto  $N = (n_1, n_2, \dots, n_{k-1}, n_k)$  de DITs reordenando as preferências dos jogadores e assim interferindo na escolha das estratégias durante o experimento de simulação.

Os valores obtidos em cada rodada executada no tempo  $t_i$  de simulação dependem da interação entre os agentes, atribuindo assim uma combinação dinâmica de utilidades para cada par de estratégias. Formalmente têm-se um equilíbrio de Nash para cada rodada e par de estratégias.

**Figura 9 - Efeito estratégico das normas jurídicas no tempo.**



Fonte: Autor.

A ação da norma jurídica nas recompensas dos jogadores é atribuída de duas formas através painel de controle do simulador (Apêndice 3) conforme mostrado na Figura 10 que atribui um multiplicador  $\alpha$  como recompensa ao agente que prefere a estratégia vermelha.

Assim, o jogo iterado que se estabelece na simulação pode ser representado formalmente a partir dos parâmetros  $\alpha, x$  usados no experimento:

Os jogadores (agentes) A e B são representados por *patches* aleatórios que interagem entre si no ambiente. O valor  $\alpha$  representa a recompensa externa, obtida pela incidência da norma jurídica na interação e  $x$  representa o numero de *patches* vizinhos (entre 1 e 8) que adotam a estratégia azul.

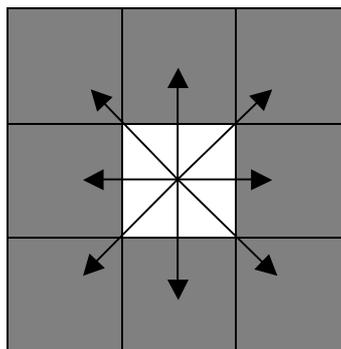
Figura 10 – Atribuição dinâmica de recompensas no modelo multiagente.

		(B)	
		azul	vermelha
(A)	azul	$(x, x)$	$(x, \alpha x)$
	vermelha	$(\alpha x, x)$	$(\alpha x, \alpha x)$

Fonte: Autor.

Os *patches* se movimentam no ambiente conforme o *grid* da plataforma Netlogo (Wilensky, 2002, 1999), de acordo com a Figura 11, comparando os valores atribuídos a cada estratégia azul ou vermelha adotada pelos *patches* vizinhos. A comparação é realizada através do número de vizinhos que preferem a estratégia azul.

Figura 11 - Interação com os vizinhos no ambiente NetLogo 5.0.1.



Fonte: Autor.

A quantidade inicial de agentes (*patches*) que utilizam a estratégia azul aumenta proporcionalmente o benefício (recompensa) de cada agente que prefere a mesma estratégia.

Esta estrutura de recompensar o vizinho que adota a mesma estratégia procura representar a irradiação de normas sociais, interesses, hábitos, convenções em comum entre os agentes, atribuindo um valor ao compartilhamento de informações proporcionado pelas interações.

Os agentes que preferem a estratégia vermelha recebem o benefício fornecido pelo multiplicador  $\alpha$  (Apêndice 3) multiplicado pelo número de agentes vizinhos  $x$  que preferem a estratégia azul, refletindo a atitude egoísta do agente que se beneficia do conhecimento proporcionado pelo compartilhamento das normas sociais, mas prefere ele mesmo a estratégia vermelha e assim não compartilhar nada com os outros, incentivado pela recompensa oferecida pela norma jurídica formal (DIE).

O múltiplo  $\alpha$  na simulação assume um valor arbitrário dado pelo observador no intervalo entre 0,10 – 3,00. Assim o valor máximo para o agente que prefere a estratégia vermelha em cada interação com cada agente vizinho é dado por  $(\alpha \cdot x)$ .

No instante  $t + 1$  o *patch* guarda a informação da última estratégia utilizada no instante  $t$  anterior. Assim, na interação subsequente o *patch* compara qual o maior valor obtido pelos *patches* vizinhos na interação anterior e decide qual a estratégia que vai utilizar, usando uma estratégia de transição mostrada na simulação através das cores verde e amarela.

A implementação computacional simula um jogo repetido indefinidamente, representando assim os incentivos propostos pelas normas jurídicas na interação social dos agentes. Os equilíbrios emergentes resultam das múltiplas combinações proporcionadas pelos ajustes entre DIE e DIT, produzindo efeitos nas estratégias dos agentes ao longo do tempo. A implementação permite que as estratégias dos agentes sejam alteradas dinamicamente pelos seguintes fatores:

- Pela interação aleatória com outros agentes vizinhos, atribuindo assim um valor às *normas sociais* (DIT) de convivência. A recompensa é determinada por um valor proporcional ao número de agentes vizinhos alinhados com a mesma estratégia do agente em interação.

- Pela recompensa percebida pelos agentes quando uma determinada *norma jurídica* (DIE) aloca um incentivo para uma determinada estratégia, alterando assim as recompensas percebidas através da função preço.
- Na simulação multiagente, usam-se duas estratégias puras para cada jogador.

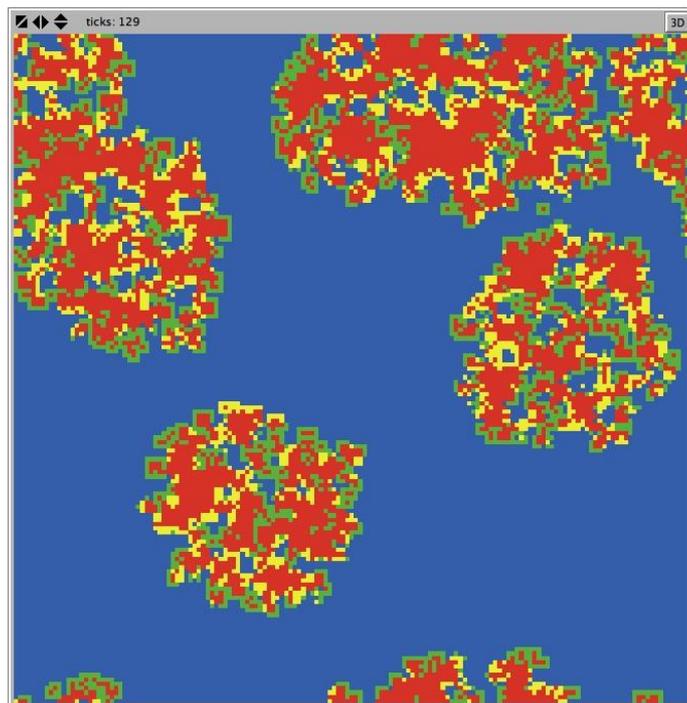
Normas jurídicas em sua função expressa, conforme delineado no modelo conceitual no capítulo 3, atuam de forma a sinalizar pontos focais. Por esta razão, diferentes percentuais de participação inicial na sociedade artificial são utilizados, simulando a aceitação de determinada estratégia de forma espontânea, sem utilização do seu aspecto sancionador, controlado através do parâmetro  $\alpha$ , ou seja, o efeito coordenativo da norma jurídica está representado através do direcionador DIT.

A simulação permite alterar dinamicamente, durante a execução do experimento, as recompensas em uma das estratégias usadas por cada jogador a partir do painel de controle do simulador conforme pode ser observado no Apêndice 3. A decisão do agente de aderir a uma ou outra estratégia ocorre internamente durante o experimento de simulação, na comparação com a tomada de decisão dos vizinhos. A descrição detalhada do algoritmo de tomada de decisão encontra-se no Apêndice 2.

Os equilíbrios encontrados procuram reproduzir os efeitos dinâmicos das normas tácitas e explícitas incidentes ao alocar incentivos e assim alterar as estratégias, pois o modelo permite visualizar a ação do aspecto instrumental da norma explícita em confronto com o aspecto normativo que atua sobre as normas sociais tácitas, cuja recompensa pode ser influenciada através da função expressa na norma através da sinalização de pontos focais.

O ambiente é uma sociedade artificial (AXTELL e EPSTEIN, 1996) representado pelo *grid* da plataforma multiagente NetLogo 5.0.1 conforme observado na Figura 12, onde os agentes se deslocam e interagem uns com os outros e com o ambiente. Nesta figura é possível observar um dos cenários possíveis no qual não existe uma prevalência absoluta de uma estratégia sobre outra.

**Figura 12 - A Sociedade Artificial no ambiente NetLogo 5.0.1.**



**Fonte: Autor.**

### 4.3 Discussão

Neste capítulo descrevem-se os experimentos realizados na tentativa de validar empiricamente o modelo conceitual proposto na tese através de um modelo computacional baseado em agentes. Conforme descrito na seção anterior, são usadas duas categorias independentes de incentivos, representados pelas normas formais explícitas e normas sociais tácitas e o mecanismo estratégico de interação modelado como um jogo entre os agentes. A função expressa da norma jurídica, para sinalizar pontos focais é modelada através do percentual inicial de agentes que utilizam determinada estratégia e que influencia as decisões autônomas tomadas pelos agentes durante a simulação.

A sociedade artificial criada para representar o modelo conceitual proposto na tese é constituída de agentes sociais que interagem entre si e com o ambiente de forma estratégica, a partir de um modelo de tomada de decisão entre duas estratégias de ação que lhes são disponibilizadas: azul ou vermelha. Cada agente escolhe entre uma ou outra destas estratégias a partir do ganho percebido a partir das interações internas e dos estímulos externos que podem ser alterados ao longo do processo de simulação. A escolha ocorre internamente na simulação, conforme os agentes interagem com os seus vizinhos. Os agentes sociais na simulação representam uma população que decidem de acordo com os estímulos institucionais tácitos e explícitos a que são submetidos, conforme delineado nas seções anteriores.

Testes preliminares de verificação (LAW, 2007) foram realizados para examinar a capacidade do modelo computacional de reproduzir cenários consistentes com a dinâmica de interação estratégica proposta no modelo conceitual. Nos experimentos realizados é possível observar que os cenários de simulação nunca se repetem, ainda que os mesmos parâmetros iniciais sejam utilizados. As figuras 13 a 21 do apêndice 1 mostram exemplos de cenários de simulação e as diversas combinações dinâmicas de estratégias utilizadas pelos agentes, conforme a alocação de incentivos. A mudança de estratégias dos agentes ao longo da simulação realiza-se de forma semelhante

a um processo de irradiação, pois os agentes decidem individualmente suas estratégias após interagirem com outros agentes.

Chama-se irradiação porque o processo tem seu início nas ações individuais de cada agente que são influenciadas simultaneamente pelas decisões dos outros agentes com os quais interagem. É um processo de irradiação normativa porque se tratam de normas de conduta escolhidas dinamicamente pelos agentes, sejam estas influenciadas por incentivos formais (normas jurídicas) ou incentivos não-formais (normas sociais), que são comunicadas socialmente e se espalham a partir de decisões individuais, conforme pode ser observado nas figuras constante do apêndice 1.

Os experimentos revelam que os fenômenos emergentes resultantes da incidência dos direcionadores nos agentes em ação social podem ser provocados nos dois sentidos: *bottom-up*, e *top-down*, a partir das decisões estratégicas dos agentes. Este fenômeno observado na simulação mostra a consistência do modelo conceitual e computacional com o referencial teórico, na qual os movimentos sempre se dão nos dois sentidos. Normas sociais influenciam normas jurídicas e vice versa, em processo circular.

Os experimentos de simulação foram realizados disponibilizando duas estratégias puras para os agentes: azul e vermelha, conforme demonstrado nos Apêndices 1 e 3. A recompensa oferecida pela escolha da estratégia azul é função da interação aleatória dos agentes entre si. A recompensa oferecida pela estratégia vermelha é determinada pelo observador externo, simulando a aplicação de uma norma jurídica que oferece incentivo positivo ou negativo. Desta forma, é possível representar o modelo de sistema jurídico formulado por Raz (2012) em funcionamento a partir de mecanismos que se intercomunicam para produzir resultados específicos, explicitando as dimensões institucionais genéricas que interferem no comportamento dos agentes.

Conforme já exposto, as cores verde e amarela representam estratégias de transição, quando o agente, a partir dos incentivos propostos, muda sua estratégia, guardando a memória da última decisão tomada. Quando o agente apresenta a cor verde significa que os incentivos propostos por adotar a estratégia azul (normas não formais) estão sendo dominados pelos incentivos

propostos pela estratégia vermelha, aderindo assim a esta última. Reversamente, quando os agentes demonstram a cor amarela, significa que as normas formais (jurídicas) não oferecem incentivos suficientes para que adotem a estratégia vermelha. Os incentivos propostos pelas normas tácitas representadas através da estratégia azul são dominantes em relação à vermelha.

#### 4.4 Resultados Computacionais

Os gráficos de 01 a 10 mostram os possíveis equilíbrios e seus estados de transição obtidos nos experimentos de simulação quando os agentes, submetidos a diferentes incentivos adotam diferentes estratégias. O eixo horizontal dos gráficos representa a alteração das recompensas obtidas através da variável  $\alpha$  que é modificada pelo observador externo através do painel de controle do simulador, conforme mostrado na figura 22 do apêndice 3. O valor de  $\alpha$  é arbitrário, variando de um mínimo de 0,1 até o máximo de 3,00, representando a variação relativa de incentivos propostos por uma determinada norma jurídica para que os agentes adotem a estratégia vermelha.

Foram realizados nove experimentos com diferentes níveis iniciais de participação entre 10% a 90% de agentes que preferem a estratégia azul, que representa a influencia das normas tácitas sociais na tomada de decisão dos agentes (DIT). A adoção da estratégia azul ou vermelha oferece a cada agente uma recompensa que é comparada dinamicamente ao longo da simulação. Os percentuais iniciais de agentes que adotam a estratégia azul são selecionados através do painel de controle do simulador, conforme figura 22 do apêndice 3. Os valores médios foram obtidos após 15 simulações para cada variação no valor de  $\alpha$  do intervalo (0,10 – 3,00) das recompensas oferecidas pela estratégia vermelha (DIE), representada no eixo horizontal dos gráficos.

Nos gráficos de 1 a 10, o eixo vertical fornece o percentual de agentes adotando cada estratégia para cada intervalo de variação do valor de  $\alpha$ , podendo ser o mínimo de 0 até o máximo de 100%.

O eixo horizontal dos gráficos contém o intervalo de alteração do multiplicador  $\alpha$  (0,10 – 3,00) que modifica externamente as recompensas

oferecidas aos agentes pela adoção da estratégia vermelha. Este intervalo é arbitrário e procura representar a eficiência relativa do comando jurídico impositivo (DIE), sendo 0,10 a eficiência mínima da norma impositiva e 3,00 a eficiência máxima. O objetivo deste parâmetro é simular a imposição de uma norma externa coativa que seja capaz de alterar o comportamento dos agentes ao oferecer recompensas que sejam mais interessantes do que aquelas oferecidas aos agentes que optam por adotar a estratégia azul. Este processo de tomada de decisão dos agentes é estratégico. Portanto, sempre leva em consideração as decisões tomadas pelos outros agentes.

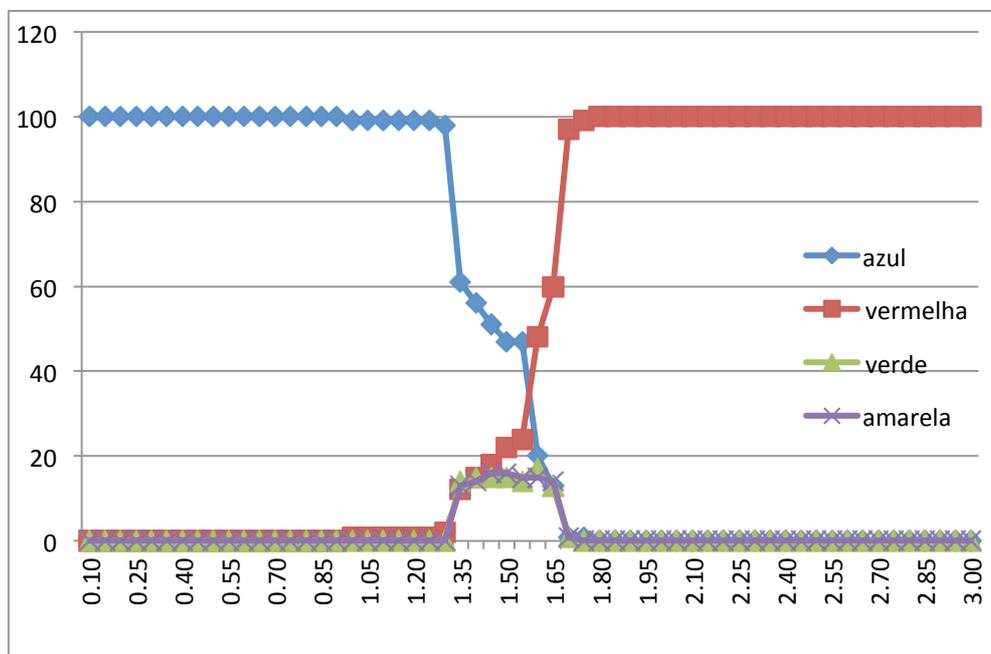
Contrariamente ao esperado, pode-se observar que o momento de transição de estratégias entre os agentes na comparação das recompensas ocorreu aproximadamente no mesmo intervalo de recompensas em todas as simulações, independente do percentual inicial de população que adota a estratégia azul e o percentual de agentes que adotam as estratégias de transição (verde e amarela) permaneceu estável em todas as simulações.

Os valores médios dos percentuais de cada estratégia obtidos em cada experimento variavam em mais de 10% para cada rodada, particularmente quando a proporção de agentes usando cada uma das estratégias era equivalente, independente do percentual inicial da população que adota a estratégia azul. Todos os experimentos apresentaram resultados diferentes uns dos outros, revelando a aleatoriedade da interação entre os agentes, ainda que a mudança de estratégias ocorra aproximadamente nos mesmos intervalos, conforme pode ser observado nos Gráficos de 1 a 9.

Ao realizar o experimento, havia a expectativa de que a medida que aumentasse o percentual de agentes que adotavam a estratégia azul, do mínimo de 10% até o máximo de 90%, os resultados computacionais acusariam a diferença no tempo para o sistema entrar em equilíbrio e no número de rodadas necessárias para atingir este ponto, o que de fato não ocorreu.

No gráfico 1 os agentes somente trocam de estratégia a partir do momento em que  $\alpha$  atinge o valor aproximado de 1,30, quando as interações no ambiente alteram os percentuais de agentes que preferem utilizar a estratégia vermelha, aumentando consequentemente os percentuais dos agentes que estão em transição de estratégias (*verde e amarela*). Esta transição dura até o momento em que  $\alpha$  atinge o valor aproximado de 1,75, momento em que os agentes decidem abandonar a estratégia azul definitivamente.

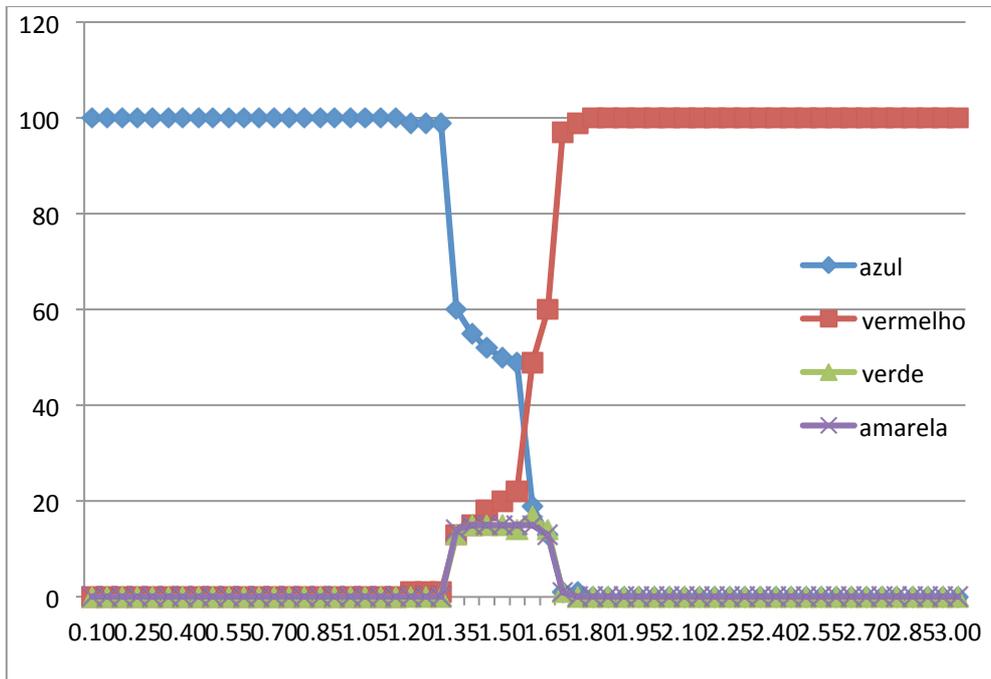
**Gráfico 1 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 10%.**



Fonte: Autor.

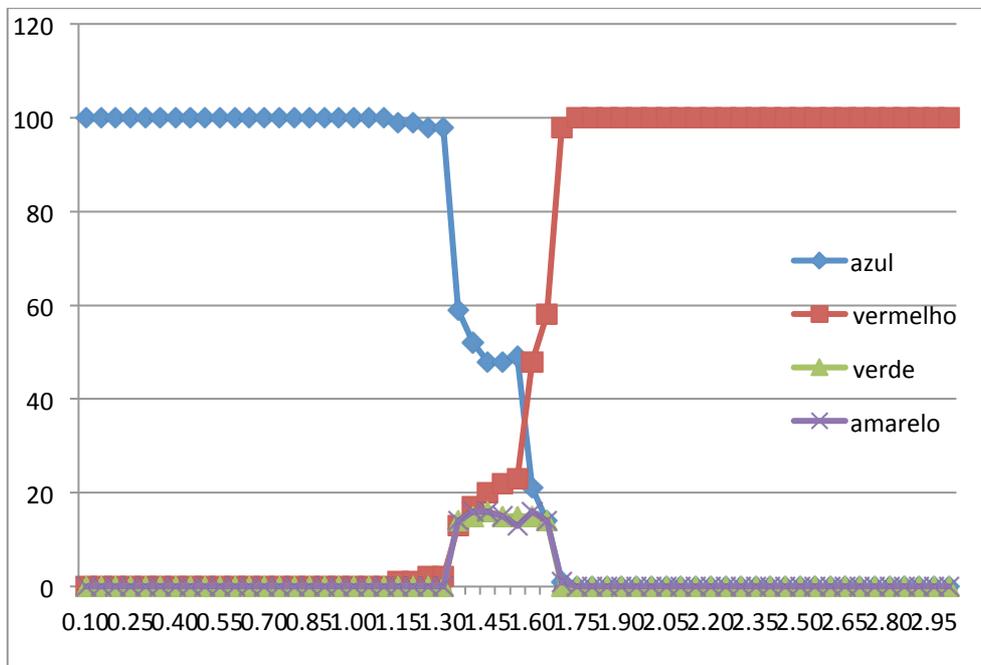
O cenário descrito na figura 1 se repete em todos os demais experimentos mostrados nos gráficos 2 a 9 com pequenas variações nos pontos de troca de estratégias. De fato, os experimentos demonstram que apesar de haver aumento do percentual de agentes utilizando estratégia inicial azul, o comportamento do sistema não foi alterado de forma significativa, pois o momento que os agentes decidem trocar de estratégia de azul para vermelha permaneceu praticamente inalterado, conforme os pode ser observado nos gráficos de 2 a 10.

**Gráfico 2 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 20%.**



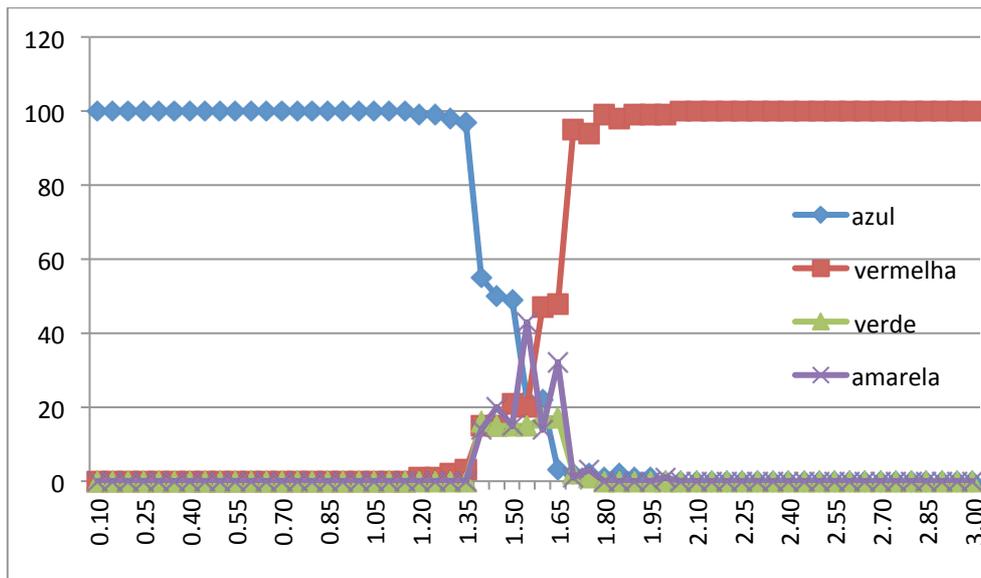
Fonte: Autor.

**Gráfico 3 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 30%.**



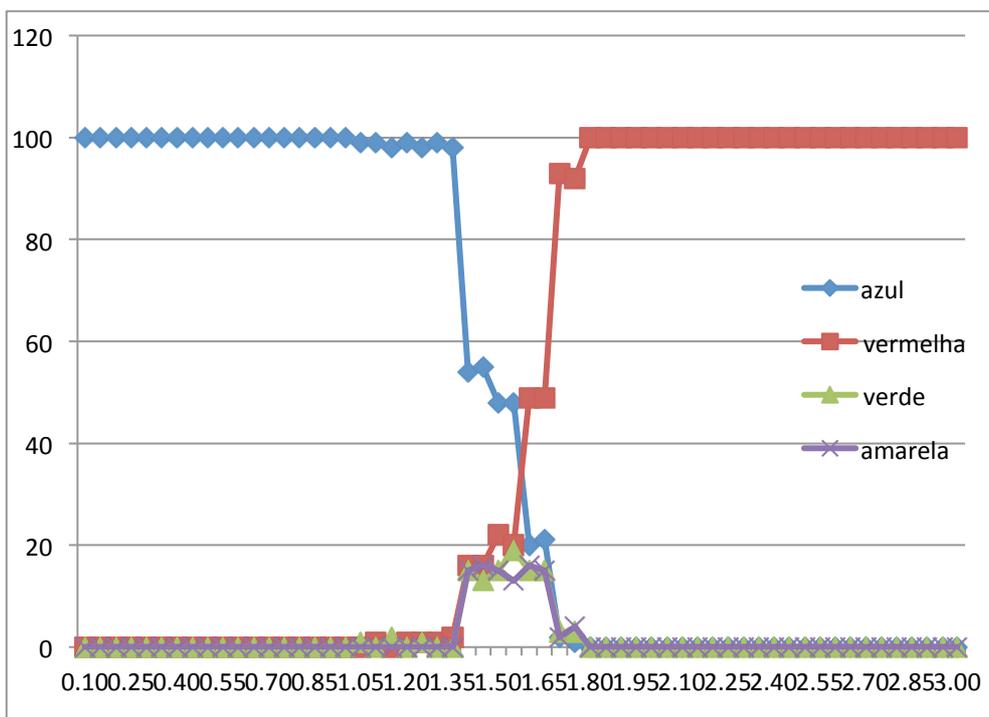
Fonte: Autor.

**Gráfico 4 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 40%.**



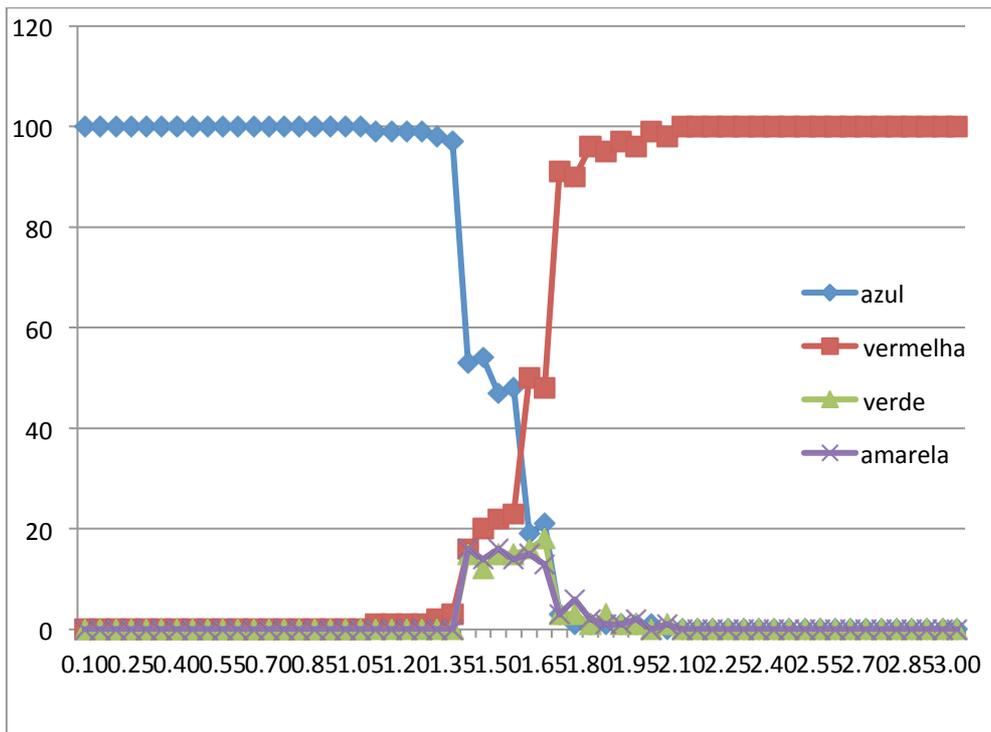
Fonte: Autor.

**Gráfico 5 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 50%.**



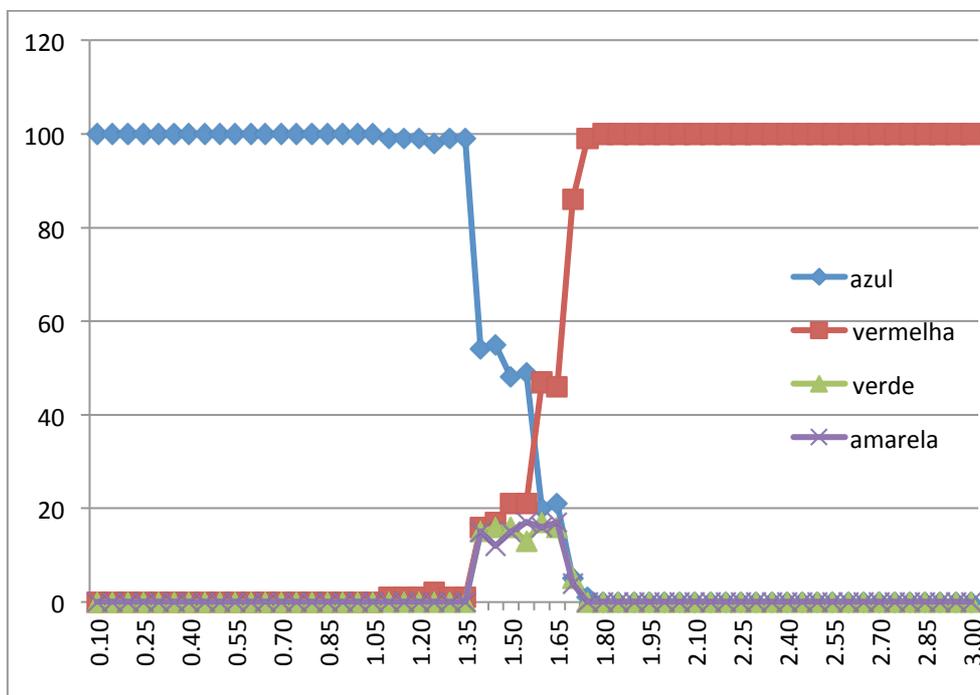
Fonte: Autor.

**Gráfico 6 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 60%.**



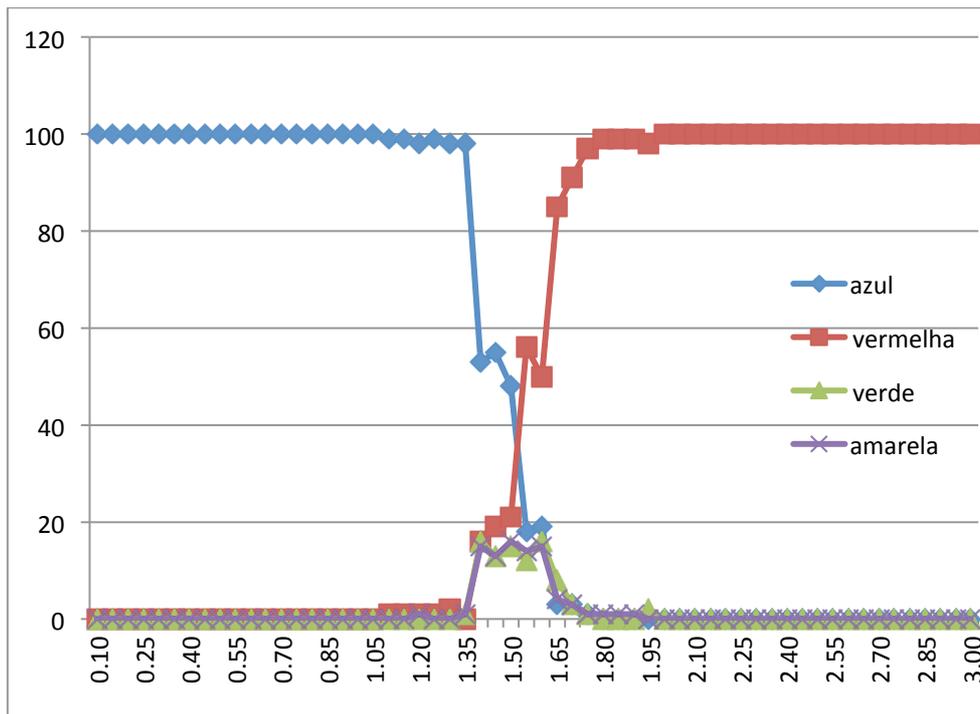
Fonte: Autor.

**Gráfico 7 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 70%.**



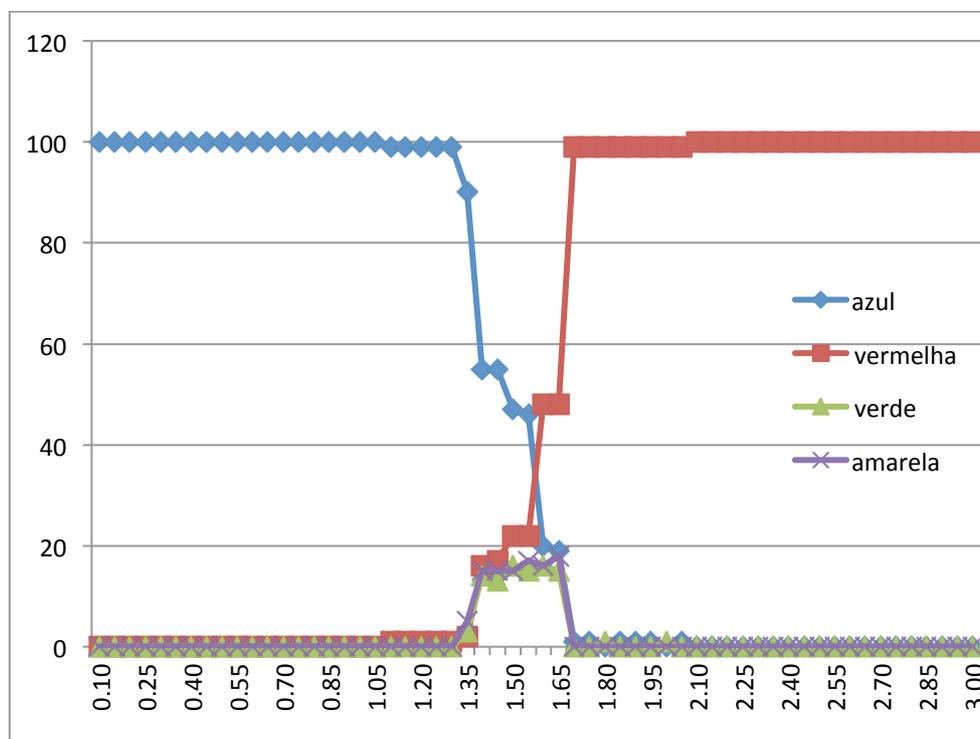
Fonte: Autor.

**Gráfico 8 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 80%.**



Fonte: Autor.

**Gráfico 9 – percentual inicial utilizando a estratégia azul de 90%.**



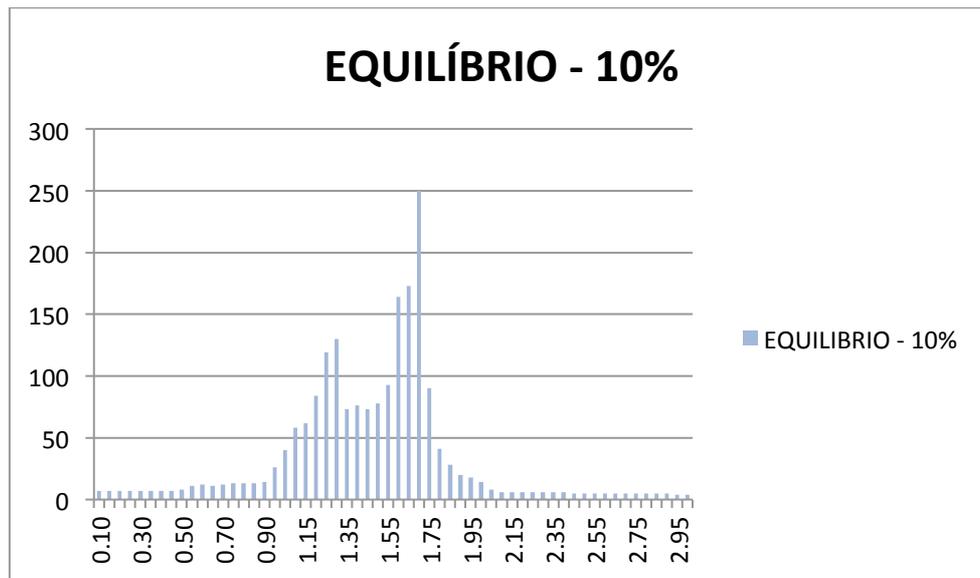
Fonte: Autor.

Os Gráficos 10 a 18 foram obtidos quando o experimento entra em equilíbrio para cada uma das condições iniciais propostas no experimento computacional, ou seja, no momento em que não há mais alterações nos percentuais das interações dinâmicas entre os agentes (*steady state*). O objetivo é observar se o percentual inicial de agentes que preferem a estratégia azul interfere no tempo que o sistema leva para entrar em equilíbrio, ou seja, quando não existe mais possibilidade de alteração de estado sem que o observador altere os parâmetros de entrada pelo painel de controle do simulador.

O eixo horizontal representa o valor do parâmetro  $\alpha$  no intervalo entre 0,10 e 3,00, alterado através do painel de controle do simulador (figura 22, apêndice 3), conforme já demonstrado nos gráficos de 1 a 10. O eixo vertical representa o número de rodadas que a simulação demorou para atingir o estado estacionário, nos quais não existem mais alteração dos percentuais de agentes que utilizam cada uma das estratégias. A visualização da simulação permite observar que em determinados cenários os agentes continuam interagindo e trocando de estratégias dinamicamente, mas os percentuais permanecem estáveis. Este é o caso da figura 15 do apêndice 1, na qual os agentes continuam interagindo dinamicamente, mas o sistema está em equilíbrio, não havendo mais aumento ou diminuição em nenhuma das estratégias escolhidas.

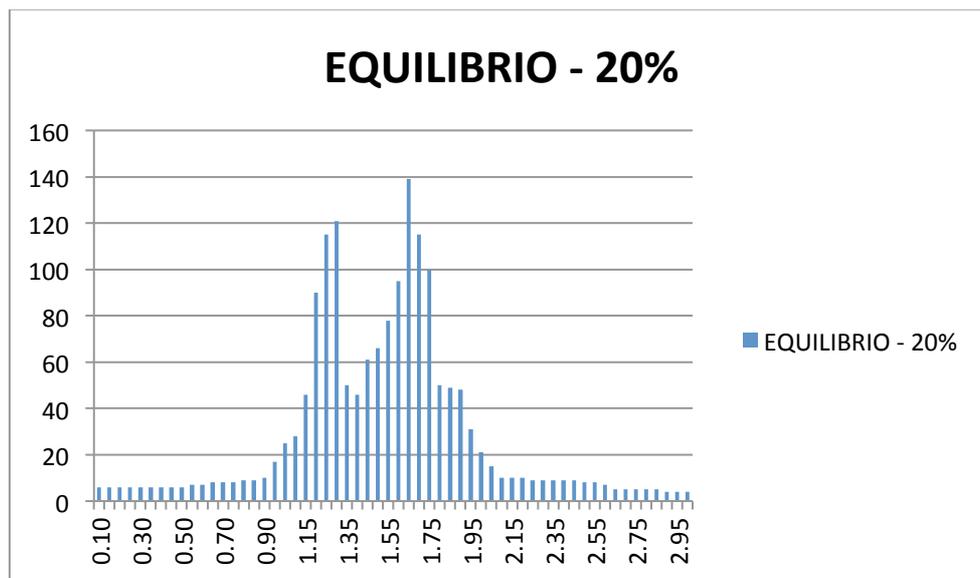
Da mesma forma do que foi observado nos gráficos de 1 a 10, o aumento do percentual de agentes que adotam a estratégia inicial azul de 10% para 90% não alterou significativamente os estados de equilíbrio resultantes. Ou seja, o número de rodadas necessário para atingir o equilíbrio para cada variação do parâmetro  $\alpha$ , conforme demonstrado no eixo horizontal dos gráficos de 1 a 10, não foi significativamente alterado, ao contrário da expectativa inicial. De fato, o tempo que os agentes sociais levaram para atingir um equilíbrio dinâmico mostrou-se independente do percentual inicial que adota a estratégia azul.

Gráfico 10 –Rodadas para atingir equilíbrio com 10%.



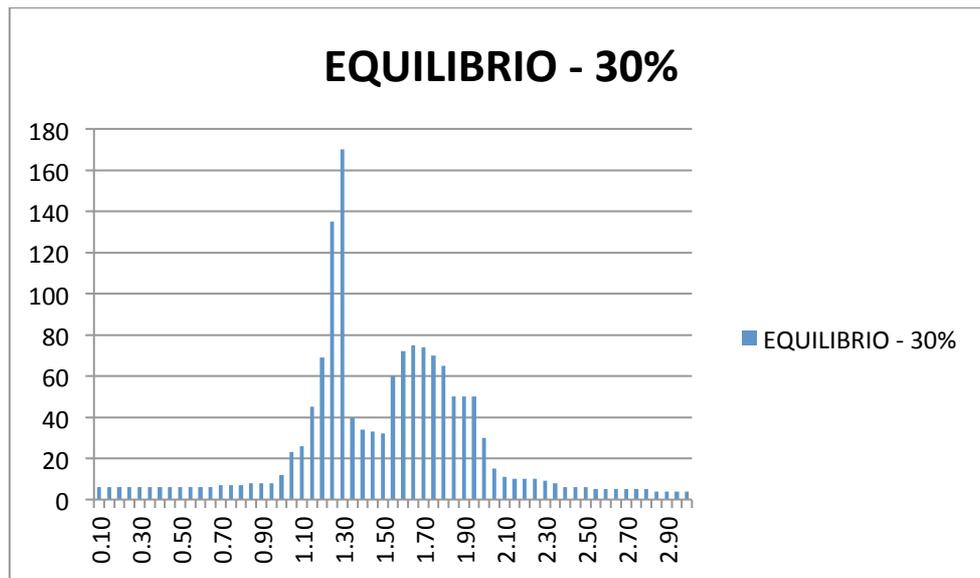
Fonte: Autor.

Gráfico 11 –Rodadas para atingir equilíbrio com 20%.



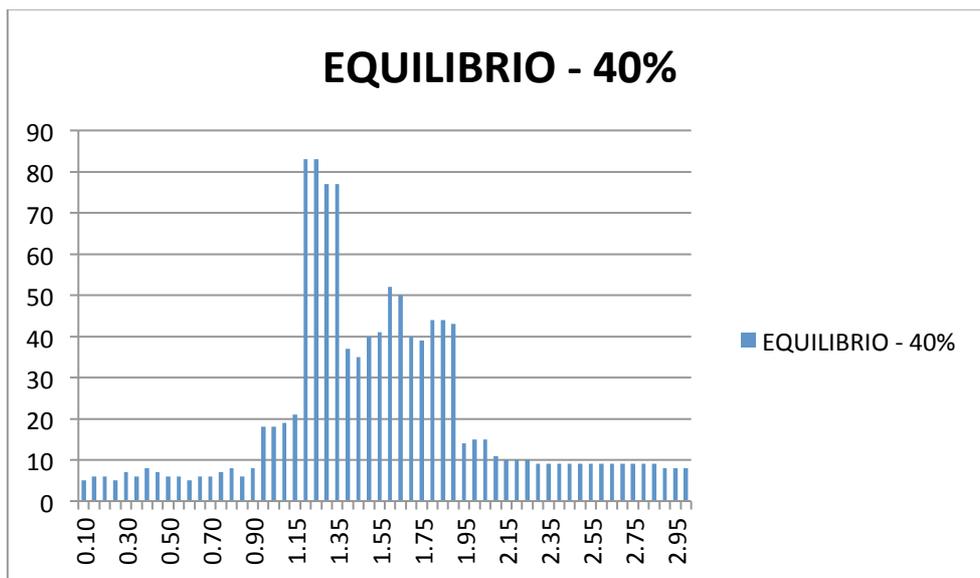
Fonte: Autor.

Gráfico 12 –Rodadas para atingir equilíbrio com 30%.



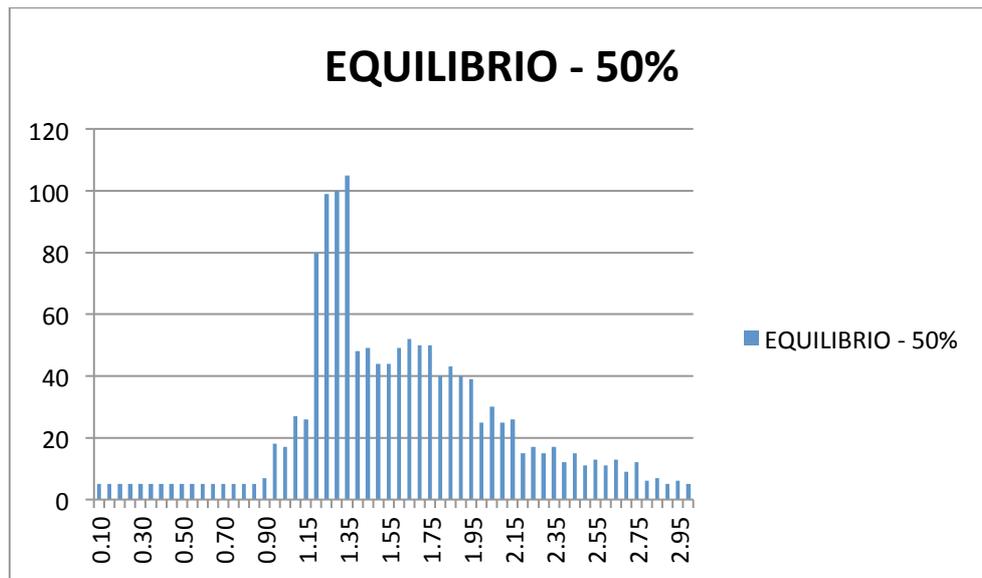
Fonte: Autor.

Gráfico 13 –Rodadas para atingir equilíbrio com 40%.



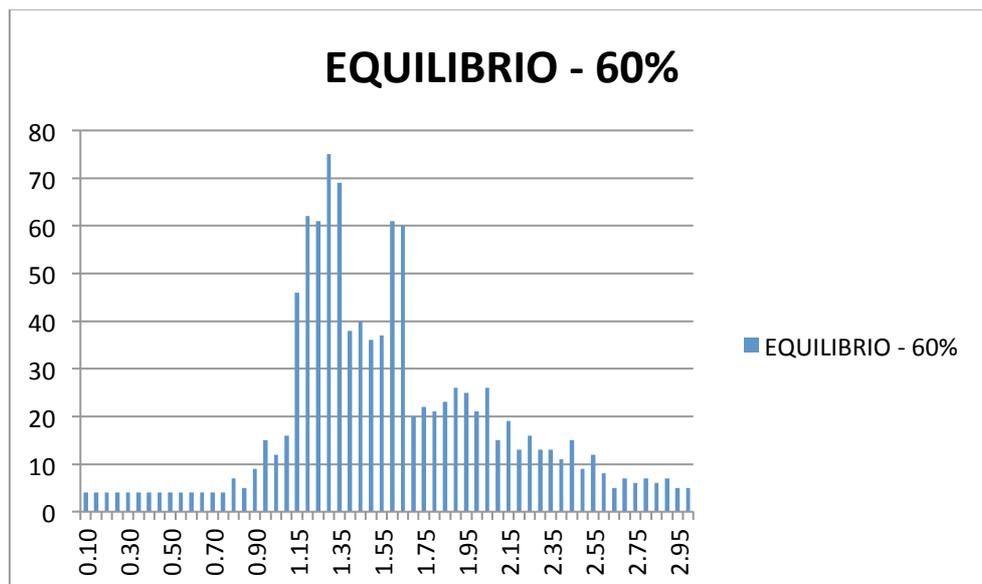
Fonte: Autor.

Gráfico 14 – Rodadas para atingir equilíbrio com 50%.



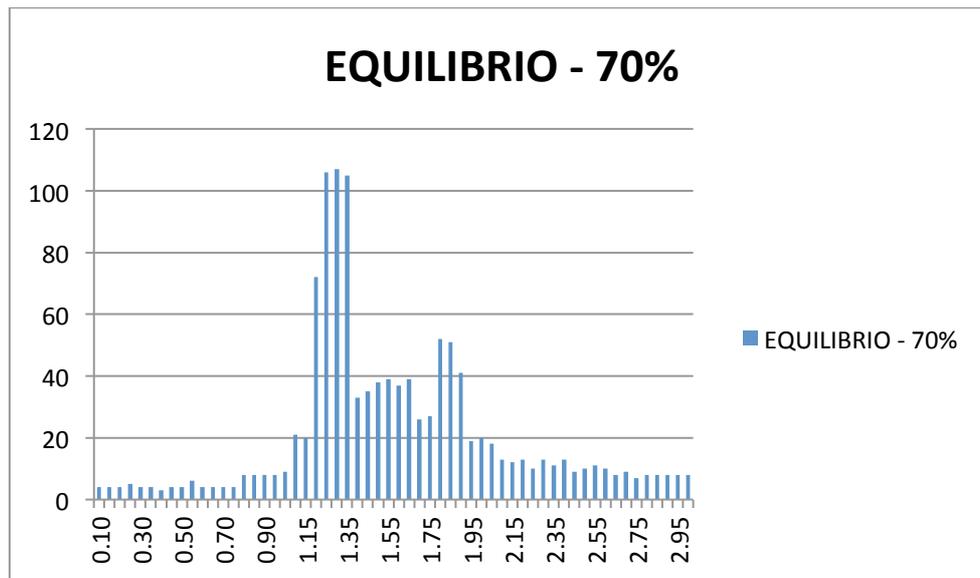
Fonte: Autor.

Gráfico 15 – Rodadas para atingir equilíbrio com 60%.



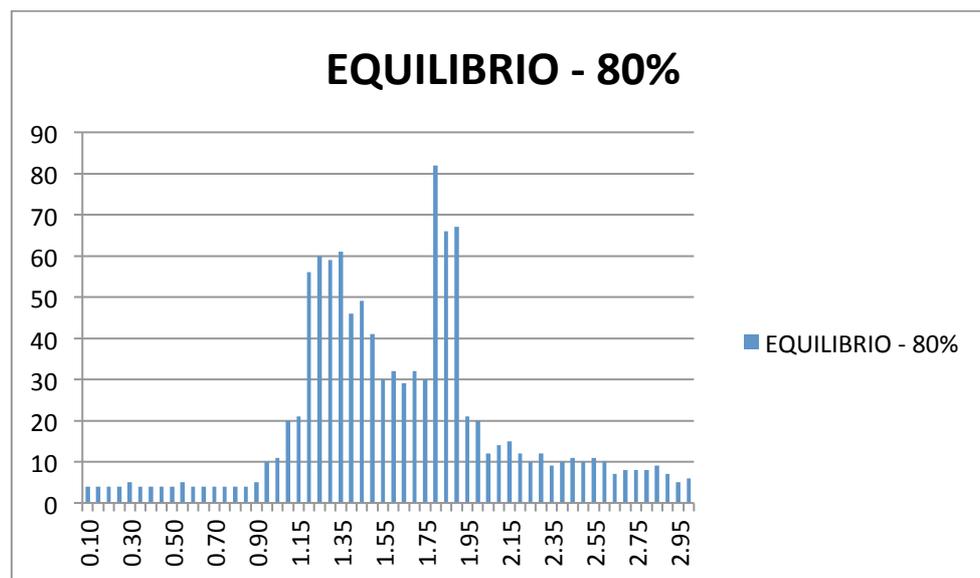
Fonte: Autor.

Gráfico 16 – Rodadas para atingir equilíbrio com 70%.



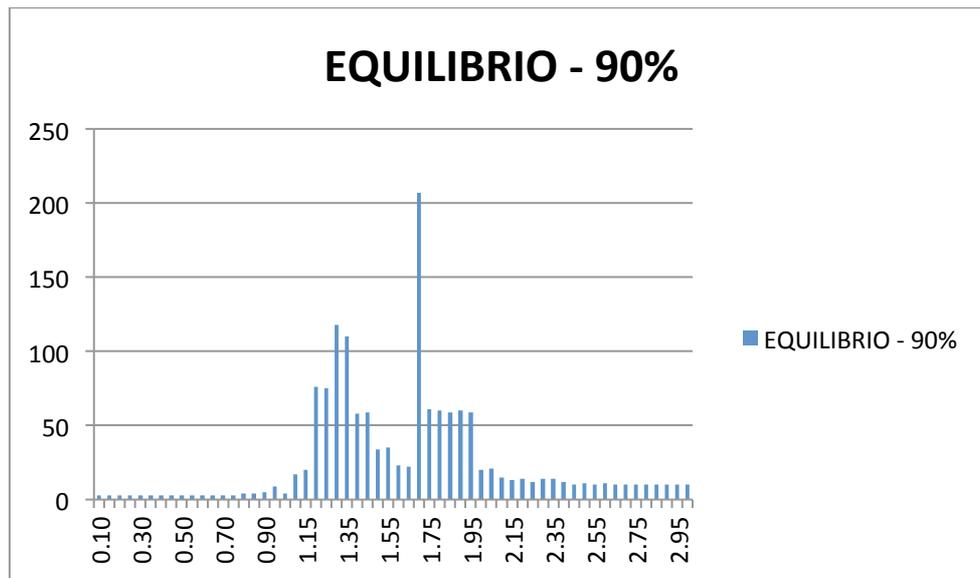
Fonte: Autor.

Gráfico 17 – Rodadas para atingir equilíbrio com 80%.



Fonte: Autor.

Gráfico 18 – Rodadas para atingir equilíbrio com 90%.

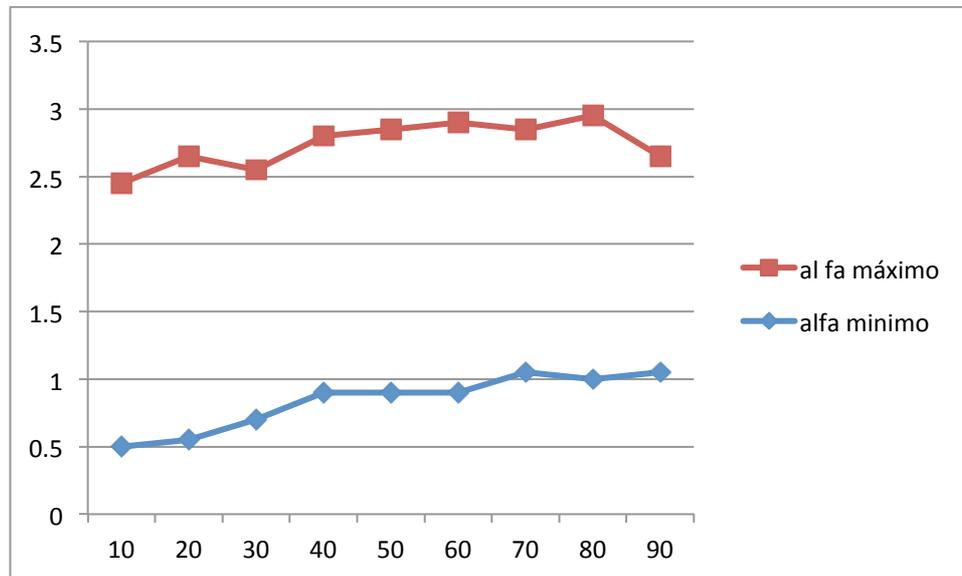


Fonte: Autor.

#### 4.5 Análise de Resultados

A aleatoriedade do comportamento dos agentes nos diversos cenários de simulação demonstra que sistemas multiagentes tem potencial para apresentar soluções válidas e verificáveis em termos de análise dos efeitos estratégicos provocados pela aplicação de normas jurídicas, desde que a parametrização seja cuidadosamente efetuada (BOWLES e GINTIS, 2011). No entanto, os resultados do experimento computacional são inconclusivos no que diz respeito à quantificação dos efeitos, necessitando de trabalhos futuros para criar métricas adequadas.

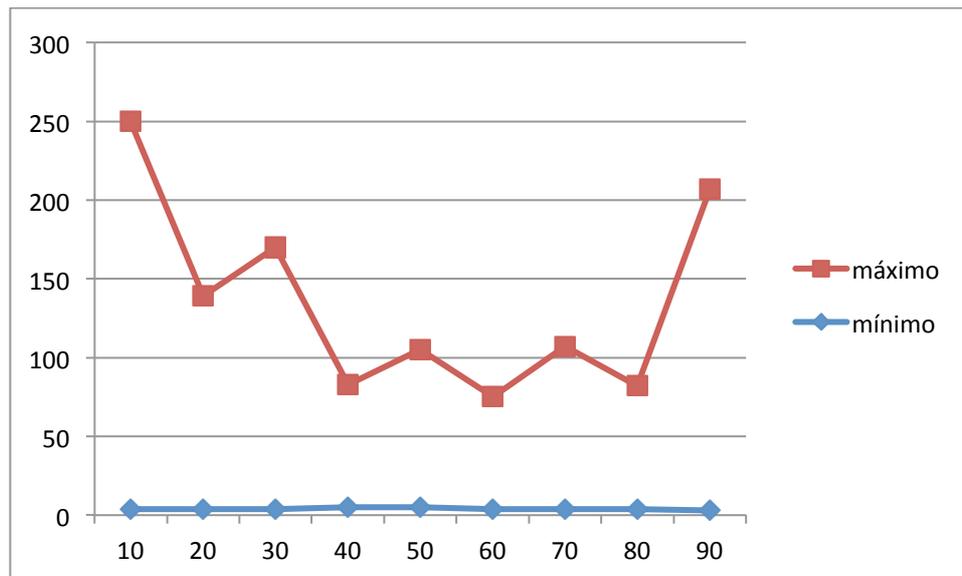
Os experimentos realizados também revelam que a atribuição de diferentes percentuais iniciais de participação de agentes utilizando a estratégia azul não modificou substancialmente o comportamento do sistema, pois com o intervalo de escalas utilizadas (0,10 – 3,00) a mudança de estratégias ocorreu em intervalos semelhantes em cada um dos experimentos, conforme pode ser observado no gráfico 19. O valor de  $\alpha$  máximo e mínimo nos quais ocorreram as trocas de estratégias oscilou respectivamente entre 2,5 e 3 (máximo) e 0,5 e 1 (mínimo), independente do percentual inicial de agentes que adota a estratégia azul, representado no eixo horizontal do gráfico 19.

Gráfico 19 - Intervalos Máximo e Mínimo de  $\alpha$ .

Fonte: Autor.

Entre as causas prováveis pode-se citar a utilização de um algoritmo simples de valoração das estratégias utilizadas pelos agentes, conforme exposto na seção 4.2. Um algoritmo mais complexo, empiricamente obtido e modelando uma distribuição de probabilidades a partir de uma cesta de preferências estatisticamente obtida seria mais adequado em aplicações práticas representando cenários reais.

O gráfico 20 apresenta a síntese dos valores máximos e mínimos de rodadas de simulação necessários para atingir o equilíbrio estável representados no eixo vertical, para cada experimento com os diferentes percentuais iniciais de agentes utilizando a estratégia azul, representados no eixo horizontal. Da mesma forma do que foi observado no gráfico 19 com os parâmetros utilizados na simulação não é possível concluir que exista correlação entre o percentual de agentes utilizando a estratégia azul e o tempo que a simulação leva para atingir o estado estacionário, tanto no limite máximo, como no limite mínimo.

**Gráfico 20 – Valores Máximo e Mínimo para atingir equilíbrio.**

Fonte: Autor.

Um experimento simulando situação real utilizando estratégias mistas e diferentes mecanismos de interação, pode potencialmente apresentar resultados mais promissores, pois os agentes não reagem da mesma maneira ao tomar decisões. As cestas de preferências individuais desempenham papel preponderante na tomada de decisão individual, cujos valores somente podem ser empiricamente obtidos.

No entanto, o modelo computacional, ao representar o modelo conceitual proposto, demonstrou que é viável trabalhar separadamente com os dois incentivos institucionais fundamentais e relacioná-los dinamicamente em um ambiente de simulação, levando em consideração o comportamento estratégico dos agentes. Também mostrou que é possível trabalhar com as duas dimensões de análise da incidência da norma jurídica, seja como preço, quando atua externamente aos agentes (estratégia vermelha), seja como sinalizador de ponto focal, quando opera em conjunto com as normas sociais tácitas (estratégia azul). Também mostrou as limitações do modelo em face da parametrização não ter sido realizada a partir de amostras estatisticamente válidas e obtidas empiricamente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Resumo do Trabalho

O modelo proposto é constituído de dois direcionadores e um mecanismo de interação, que reproduzem os referenciais teóricos em ambiente computacional de simulação. O modelo explicita o carácter independente de cada um dos estímulos, que somente são comparados no momento de tomada de decisão do agente no ambiente.

Cada direcionador ajusta os ganhos percebidos pelos agentes em cada decisão. O mecanismo de tomada de decisão é estratégico, vale dizer, leva em conta as decisões tomadas por outros agentes, admitindo assim, todo o referencial teórico da teoria dos jogos para modelar o comportamento dos agentes.

Adicionalmente, os direcionadores operam os incentivos oferecidos pelas normas jurídicas de duas formas diferentes. O primeiro trabalha com a dimensão coercitiva da norma, linha tradicional da análise econômica do direito (POSNER, 2011, COOTER e ULEN, 2010, SHAVELL, 2004), no qual a norma é analisada sob perspectiva de preço. O segundo direcionador trabalha com a dimensão de ponto focal, pois atua sob as normas sociais dos agentes. A interação estratégica dos agentes também permite analisar custos de transação associados às interações entre os agentes.

### 5.2 Contribuições

O modelo conceitual e o modelo computacional desenvolvidos demonstram a viabilidade de se utilizar sistemas multiagentes para simular a dinâmica das instituições a partir das interações estratégicas dos agentes, assim como o potencial do uso do formalismo da teoria dos jogos para simulações sociais. A incidência de normas jurídicas como meio de incentivar ou desincentivar condutas pode ser modelada por jogos repetidos infinitamente.

Normas jurídicas de caráter dissuasório podem apresentar efeitos relativos no direcionamento das condutas dos agentes, pois a tomada de decisão individual do agente é estratégica, leva em consideração outros incentivos internalizados que mitigam a eficácia de normas com caráter sancionador, muitas vezes pela simples percepção pelos agentes de que as ameaças propostas não são críveis, ou seja, que determinada norma jurídica não é eficiente na punição da conduta indesejada. O exemplo mais eloqüente deste fenômeno pode ser encontrado nas normas jurídicas criminais.

Para produzir normas jurídicas mais eficientes e que efetivamente atinjam os objetivos a que se propõem deve-se levar em conta as preferências dos agentes e, conseqüentemente, as estratégias disponíveis, pois cumprir ou não com comandos legais não é função exclusiva do seu poder de coerção, como aliás revelaram Tyler (2006) e Licht (2008) em seus trabalhos. Os custos de transação envolvidos na aplicação de normas jurídicas podem ser comparados, pois o comportamento cooperativo dos agentes, a partir de normas que sinalizem um ponto focal de coordenação pode se revelar muito mais eficaz no caso concreto do que medidas sancionadoras, particularmente em normas jurídicas de caráter criminal. Dentro do procedimento de criação e produção de normas explícitas que regulem condutas, identificar e compreender as preferências dos agentes são fundamentais para o resultado final.

Normas jurídicas produzem três efeitos estratégicos na interação dinâmica de agentes da ação coletiva: discriminante, coordenativo e dissuasório. A combinação destes três efeitos pode potencializar ou inibir situações de cooperação ou conflito que podem ser modeladas em ambiente de simulação baseado em agentes.

Para elaborar normas jurídicas coerentes, criteriosas e eficazes é indispensável analisar corretamente e identificar as preferências dos agentes submetidos a estas. Portanto, a promulgação e o debate de comandos legais deve ser precedido de minuciosa pesquisa de campo que identifique quais variáveis estão em jogo, em termos de preferências dos agentes, uma vez que o ordenamento correto destas permite antever quais as possíveis estratégias a

serem utilizadas pelos agentes sociais em face da perspectiva de aplicação de normas jurídicas.

Para a instanciação do experimento em casos concretos, cada direcionador deve ser capaz de representar uma escala de preferências de forma a permitir comparações entre as possíveis recompensas atribuídas à cada estratégia adotada pelos agentes em interação. Shikida e Schaefer (2001), por exemplo, oferecem um caminho para avaliar as recompensas percebidas por agentes condenados por crimes cometidos em comparação com possíveis ganhos obtidos em atividades lícitas, demonstrando que a existência destas opções exerceriam influência na tomada de decisão dos agentes em se engajar ou não em práticas criminosas.

O modelo proposto permite que sejam adequadas diversas estratégias possíveis utilizadas pelos agentes em suas interações sociais, como por exemplo “TIT-FOR-TAT” (AXELROD, 1984, WILENSKY, 2002) ou cooperação incondicional (WILENSKY, 2002). Experimentos posteriores podem avaliar a utilização destas estratégias e sua aderência às situações concretas, permitindo assim que o modelo seja utilizado como ferramenta de apoio à decisão.

### 5.3 Limitações

Os experimentos computacionais realizados demonstram apenas a viabilidade do modelo computacional proposto para agregar dinamicamente as dimensões analíticas apresentadas no modelo conceitual objeto desta tese. Os resultados obtidos são inconclusivos no que diz respeito à relação de causa-efeito entre os direcionadores, necessitando de parametrização adequada através de informações empiricamente obtidas em trabalhos futuros.

O grau de cumprimento de uma determinada norma jurídica depende de cada caso, não podendo ser generalizado. Os experimentos não permitem extrair conclusão neste sentido, pois a simulação depende da coleta de dados que possibilite estudar cada caso concreto.

#### 5.4 Trabalhos Futuros

Para instanciar o modelo é necessário criar métricas empíricas estatisticamente válidas sobre a efetividade das normas jurídicas. Tyler (2006) propõe metodologia que quantifica a atitude dos agentes em relação ao cumprimento de um comando formal vindo de autoridade. Ao mesmo tempo, revela a importância de atribuir-se valor às normas sociais tácitas que interferem na tomada de decisão do agente, demonstrando que a visão instrumental da norma não é suficiente para explicar o comportamento dos agentes em relação à lei. Outros fatores de caráter moral podem exercer impacto expressivo em termos de comportamento cooperativo (Tyler, 2011) com relação às autoridades. Normas sociais tácitas podem ser analisadas a partir de pesquisas de preferências em amostras estatisticamente válidas que revelem quais são determinantes no seu comportamento.

## REFERÊNCIAS

- ACEMOGLU, Daron, ROBINSON, James D., *Why Nations Fail. The Origins of Power, Prosperity and Poverty*. Crown Business, New York, 2012.
- ALMEIDA, Carlos Alberto, *A Cabeça do Brasileiro*, 5ª Ed., Editora Record, 2012.
- ALVES, José Carlos Moreira, *Direito Romano*, Vol.I, 9ª Ed. Forense, RJ, 1995.
- ANDRADE, A. L.; SELEME, A., RODRIGUES, L.H.; SOUTO, R., *Pensamento Sistêmico – Caderno de Campo*, Bookman, 2006.
- ALEXY, Robert, *Conceito e Validade do Direito*, Martins Fontes, 2011.
- ARROW, Kenneth J. *Social Choice and Individual Values*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1951.
- AXELROD, Robert.; Agent-Based Modeling as a Bridge Between Disciplines, in Kenneth L. Judd and Leigh Tesfatsion (Eds.), *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics*, v.2, Handbooks in Economics Series, North-Holland, 2006.
- AXELROD, Robert, *The Complexity of Cooperation : Agent Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton University Press, 1997.
- AXELROD, Robert, An Evolutionary Approach to Norms. *American Political Science Review*, 80(4), pp. 1095-1111, 1986.
- AXELROD, Robert. *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books, 1984.
- AXELROD, Robert, HAMILTON, William D., The Evolution of Cooperation, *Science*, New Series, No.4489 (mar.27, 1981), pp. 1390-1396.
- AXELROD, R., HAMMOND, R. The Evolution of Ethnocentrism. *Journal of Conflict Resolution*, v.50, 2006, pp.926.
- AXTELL, R.; EPSTEIN, J.M. *Growing Artificial Societies: Social Sciences from the Bottom Up*, The MIT Press, 1996.
- BAIRD, Douglas G., GERTNER, Robert H., PICKER, Randal C., *Game Theory and the Law*, Harvard University Press, 1994.
- BALZER, Wolfgang, BRENDEL, Karl R., HOFMANN, Solveig, Bad arguments in the comparison of game theory and the simulation in social studies, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.04, No.2, 2001.
- BASTOS, Celso Ribeiro, *Curso de Direito Constitucional*, Malheiros, 22ª Ed., 2010.
- BATTESINI, Eugênio, *Direito e Economia, Novos horizontes no estudo da responsabilidade civil no Brasil*, LTr Editora Ltda., 2011.
- BAZZAN, Ana L.C., BORDINI, Rafael H., CAMPBELL, John A., Evolution of Agents with Moral Sentiments in an Iterated Prisoner's Dilemma Exercise, in PARSONS, Simon, GMYTRASIEWICZ, Piotr, WOOLDRIDGE, Michael, *Game Theory and Decision Theory in Agent-Based Systems*, Kluwer Academic Publishers, 2002.

BECKER, Gary Stanley. Nobel Lecture: The Economic Way of Looking at Behavior, *The Journal of Political Economy*, Vol. 101, No. 3. (Jun., 1993), pp. 385-409.

\_\_\_\_\_, *The Economic Approach to Human Behavior*. The University of Chicago Press, 1976.

\_\_\_\_\_, Crime and Punishment: An Economic Approach; *Journal of Political Economy*, n.2, v.76, 1968, pp. 169-217.

BERGER, Luiz Marcelo, *Um Modelo Baseado em Agentes para estudo das propriedades emergentes decorrentes da aplicação da Lei Penal*. Dissertação de Mestrado defendida perante o Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPGA/EA/UFRGS em maio de 2008. Disponível em [www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13831](http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13831).

BERTALANFFY, Ludwig Von, *Teoria Geral dos Sistemas*, 3ª Edição, Vozes, RJ, 1977.

BERTRAM, Christopher. Rousseau and the Social Contract. Routledge Philosophy Guidebook, Taylor and Francis Group, NY, 2004.

BIERMAN, H. Scott, FERNANDEZ, Luis, *Teoria dos Jogos*, Pearson Education do Brasil, 2ª Ed., 2011.

BINMORE, Ken; *Fun and Games: A Text on Game Theory*, D.C. Heath and Company, Lexington, MA, 1992.

BOBBIO, Norberto, *Direito e Estado no Pensamento de Immanuel Kant*, Editora UNB, 4ª Ed., 1997.

\_\_\_\_\_, *Teoria do Ordenamento Jurídico*, 10ª Ed., Brasília, Editora UNB, 1999.

BONABEAU, Eric, DORIGO, Marco, THERAULAZ, Guy, *Swarm Intelligence. From Natural to Artificial Systems*. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Oxford University Press, 1999.

BOUCHER, David, KELLY, Paul, Eds. *The Social Contract from Hobbes to Rawls*, Routledge, 2005.

BOWLES, Samuel. *Microeconomics: behavior, institutions and evolution*, Russel Sage Foundation, Princeton University Press, 2004.

BOWLES, Samuel, GINTIS, Herbert. *A Cooperative Species. Human Reciprocity and its Evolution*. Princeton University Press, 2011.

CAMERON, Samuel, *The Economics of Crime Deterrence: A Survey of Theory and Evidence*, KYKLOS, vol.41, issue 2, 1988, pp.301-323.

CANETTI, Elias, *Massa e Poder*, Companhia das Letras, 2008.

CASTELLANI, Brian, HAFFERTY, Frederic William, *Sociology and Complexity Science, A New Field of Inquiry*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.

CLARKE, Ronald V. *Situational Crime Prevention: Theoretical Background and Current Practice*, in *Handbook on Crime and Deviance*, Krohn, Marvin D., Lizotte Allan J. and Hall, Gina Penly, Editors, Springer, 2009.

\_\_\_\_\_, Situational Crime Prevention, *Crime and Justice*, Vol. 19, Building a Safer Society: Strategic Approaches to Crime Prevention, (1995), pp. 91-150.

\_\_\_\_\_, Situational Crime Prevention: Theory and Practice, *British Journal of Criminology*, Vol. 20, No. 2, April, 1980.

COASE, Ronald H., The Problem of Social Cost, *The Journal of Law and Economics*, vol.3 (Oct., 1960), pp.1-44.

COHEN, L.E., FELSON, M. Social Change and Crime Rate Trends: A Routine Activity Approach; *American Sociological Review* 1979, Vol. 44 (August):588-608.

CONCEIÇÃO, Octávio A.C., Além da transação: Uma comparação do Pensamento dos Institucionalistas com os Evolucionários e Pós-Keynesianos, *Revista Economia*, Brasília (DF), vol.7, n.3, p.621-642, Set/Dez, 2007.

\_\_\_\_\_, O Conceito de Instituição nas modernas abordagens Institucionalistas, *Revista de Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, 6(2): 119-146, jul/dez. 2002.

\_\_\_\_\_, Os antigos, os novos e os neo-institucionalistas: há convergência teórica no pensamento institucionalista. *Revista Análise Econômica FCE/UFRGS*, ano 19, nº 36, setembro, 2001.

CNJ. *Justiça em Números*. Conselho Nacional de Justiça, Departamento de Pesquisas Judiciárias, Brasília, 2012.

\_\_\_\_\_, 100 maiores litigantes, Conselho Nacional de Justiça, Departamento de Pesquisas Judiciárias, Brasília, 2011.

COOTER, Robert D., Expressive Law and Economics, *Journal of Legal Studies*, vol. XXVII, 1998.

\_\_\_\_\_, Three Effects of Social Norms on Law: Expression, Deterrence, and Internalization, *Oregon Law Review*, Vol.79, n.1, Spring 2000.

COOTER, Robert D., RUBINFELD, Daniel L. Economic Analysis of Legal Disputes and Their Resolution, *Journal of Economic Literature*. Vol. 27, No.3 (Sep., 1989), pp. 1067-1097.

COOTER, Robert D., SCHAFER, Hans-Bernd, *Solomon's Knot, How Law Can End the Poverty of Nations*, Princeton University Press, 2012.

COOTER, Robert D., ULEN, Thomas, *Direito e Economia*, 5ª Edição, Bookman, Porto Alegre, 2010.

CORNWELL, Christopher, TRUMBULL, William N., Estimating the Economic Model of Crime with Panel Data, *The Review of Economics and Statistics*, vol.76, No.2 (May, 1994), pp.360-366.

CRAVEN, John, *Social Choice, A framework for collective decisions and individual judgments*, Cambridge University Press, 1992.

DALLARI, Dalmo de Abreu, *Elementos de Teoria Geral do Estado*, 19ª Ed., Saraiva, 1995.

DWORKIN, Ronald, *Law's Empire*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1986.

DE JESUS, Damásio E. Direito Penal, Parte Geral, São Paulo, Saraiva, v.1.1995, 19ª ed.

DIMAGGIO, Paul J.; POWELL, Walter W. A Gaiola de ferro revisitada: isomorfismo institucional e racionalidade coletiva nos campos organizacionais. *Revista de Administração de Empresas – RAE*, v.45, n.2. p.74-89, 2005.

DINIZ, Maria Helena, *Compendio de Introdução à Ciência do Direito*, Saraiva Editora, 23ª Ed., 2012.

\_\_\_\_\_, *Curso de Direito Civil Brasileiro, Responsabilidade Civil*, 7º Vol., 11ª Ed., Saraiva, 1997.

\_\_\_\_\_, *Curso de Direito Civil Brasileiro, Teoria Geral do Direito Civil*, 1º Vol., 11ª Ed., Saraiva, 1995.

DIXIT, Avinash, SKEATH, Susan, *Games of Strategy*, W.W. Norton & Company, Inc., NY, 1999.

DOOB, Anthony N., WEBSTER, Cheryl Marie, Sentence Severity and Crime: Accepting the Null Hypothesis. *Crime and Justice*, vol. 30 (2003), pp. 142-195.

DUTTA, Prajit K., *Strategies and Games*, The MIT Press, 1999.

EIDE, E. Economics of Criminal Behavior (1999), *Encyclopedia of Law and Economics*. Disponível em: <http://encyclo.findlaw.com/tablebib.html>. Acesso em: 12 nov. 2012.

EHRlich, Isaac. The Deterrent Effect of Criminal Law Enforcement .*The Journal of Legal Studies*, v.1, n. 2, 1972, pp. 259-276.

\_\_\_\_\_, Participation in Illegitimate Activities: A Theoretical and Empirical Investigation, *Journal of Political Economy*, vol. 81, No.3 (May – Jun., 1973), pp. 521-565.

\_\_\_\_\_, The Deterrent Effect of Capital Punishment: A question of Life and Death, *The American Economic Review*, vol. 65, No.3 (Jun., 1975), pp.397-417.

FERRAZ JUNIOR, Tércio Sampaio, *Teoria do Norma Jurídica*, Forense, RJ, 1978.

FIANI, Ronaldo, *Teoria dos Jogos*, Campus-Elsevier, 2ª Ed., 2006

\_\_\_\_\_, *Cooperação e Conflito*, Campus-Elsevier, 2011.

FILHO, Hermílio Pereira dos Santos, TIMM, Luciano Benetti, Demandas Judiciais e Morosidade da Justiça Civil, Edital CNJ 01/2009, relatório final ajustado, PUCRS, 2011.

GAERTNER, Wulf, *A Primer in Social Choice Theory*, LSE Perspectives in Economic Analysis, Oxford University Press, 2006.

GALAN, Jose Manuel, IZQUIERDO, Luis R., Appearances can be deceiving: Lessons learned re-implementing Axelrod's evolutionary approach to norms, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.8, No.3, 2005.

GAROUPA, Nuno (Ed.), *Criminal Law and Economics*, *Encyclopedia of Law and Economics*, 2ª ed., vol.3, Edward Elgar, 2009.

GHEMAWAT, Pankaj. *Strategy and the Business Landscape*. Addison-Wesley Pub.Co. 1999.

GILBERT, Nigel, TROITZSCH, Klaus G. *Simulation for the Social Scientist*, Open University Press, 2<sup>nd</sup> ed., 2011.

GILBERT, Nigel, CONTE, Rosaria. *Artificial Societies, The Computer Simulation of Social Life*. University College London (UCL) Press, 1995.

GRIMM, Volker, BERGER, Uta, DeANGELIS, Donald L., POLHILL, J. Gary, GISKE, Jarl, RAILSBACK, Steven F., The ODD Protocol: A Review and First Update, *Ecological Modeling* 221 (2010) 2760-2768.

HADZIKADIC, Mirsad, CARMICHAEL, Ted, CURTIN, Charles, *Complex Adaptive Systems and Game Theory: An Unlikely Union*, *Complexity*, vol. 16, No.1, 2010.

HAIR, J.F.Jr; BABIN,B.; MONEY, A.H.; SAMOUEL,P. *Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração*, Porto Alegre, Bookman, 2006.

HAMILL, Lynne, *Agent-Based Modeling: The next 15 years*, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.13, No.4/7, 2010.

HARDIN, Garret, *The Tragedy of the Commons*, *Science* 162 (3859): 1243-1248, 1968.

HART, H.L.A., *The Concept of Law*, 2<sup>nd</sup> Edition, Clarendon Law Series, Oxford University Press, 1997.

HERMANNNS, William, *Einstein and the Poet. In Search of The Cosmic Man*, Branden Press, Inc., 1983.

HODGSON, Geoffrey M., *Institutions and Individuals: Interaction and Evolution*, *Organization Studies*, vol.28, n.1, pp.95-116, January 2007.

\_\_\_\_\_, *What are Institutions?*, *Journal of Economic Issues*, Vol. XL, No.1, March 2006.

\_\_\_\_\_, *The Hidden Persuaders, Institutions and Individuals in Economic Theory*, *Cambridge Journal of Economics*, 27, pp.159-175, 2003.

\_\_\_\_\_, *The Approach of Institutional Economics*, *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXVI (March 1998), pp.166-192.

\_\_\_\_\_, *On the evolution of Thorstein Veblen's evolutionary economics*, *Cambridge Journal of Economics*, 22, 415-431, 1998b.

HODGSON, Geoffrey M., KNUDSEN, Thorbjorn, *Darwin's Conjecture, The Search for General Principles of Social and Economic Evolution*, The University of Chicago Press, 2010.

IHERING, Rudolf Von, *A finalidade do Direito*, Vol. 1, Editora Rio, 1979.

IPPOLITO, Richard A., *Economics for Lawyers*, Princeton University Press, 2005.

IZQUIERDO, Luis R. GOTTS, Nicholas M., POLHILL, Gary, *Case-Based Reasoning, Social Dilemmas and a New Equilibrium Concept*, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.07, No.3, 2004.

JOHNSON, Neil, *Simply Complexity, A clear guide to complexity theory*. Oneworld, Oxford, 2007.

- KNUDSEN, Thorbjorn, Economic, Selection Theory, *Journal of Evolutionary Economics* (2002), 12: 443-470.
- LAW, Averill M., *Simulation Modeling & Analysis*, 4<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill International Edition, 2007.
- LESSIG, Lawrence, Social Meaning and Social Norms, *University of Pennsylvania Law Review*, vol.144, No.5 (May, 1996), pp. 2181-2189.
- LEVITT, Steven D., The Effect of Prison Population Size on Crime Rates: Evidence from Prison Overcrowding Litigation, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 111, No.2 (May, 1996), pp.319-351.
- LEYTON-BROWN, Kevin, SHOHAM, Yoav. *Essentials of Game Theory. A Concise, Multidisciplinary Introduction*. Morgan & Claypool Publishers, 2008.
- LIU, Lin, ECK, John, *Artificial Crime Analysis Systems, Using Computer Simulations and Geographic Information Systems*, Information Science Reference (IGI Global), 2008.
- LLOYD, Denis, *A Idéia de Lei*, Martins Fontes, 2000.
- LUHMANN, Niklas, *Law as a Social System*, Oxford University Press, Socio-Legal Studies, 2004.
- KAHNEMAN, Daniel, TVERSKY, Amos, Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, Vol. 47., No.2 (Mar., 1979), pp.263-292.
- KELSEN, Hans, *Teoria Pura do Direito*, 4<sup>a</sup> Ed. Armenio Amado Ed., 1976.
- KALBERG, Stephen; Max Weber, *Readings and Commentary on Modernity*, Blackwell Publishing, 2005.
- KRUEGER, Anne O., The political Economy of the Rent-Seeking Society, *The American Economic Review*, vol. 64, No. 3 (Jun., 1974), pp. 291-303.
- KUZNETS, Simon, *Crescimento Econômico Moderno: Ritmo Estrutura e Difusão*. Abril S.A. Cultural, 1983.
- LICHT, Amir N., Social Norms and the Law: Why Peoples Obey the Law, *Review of Law and Economics*, vol.8, issue 3, 2008.
- MACHO-STANDLER, Inés, PÉREZ-CASTRILLO, J. David, *An Introduction to the Economics of Information, Incentives and Contracts*, 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford University Press, 2001.
- MACIEL, Jarbas, *Elementos de Teoria Geral dos Sistemas*, Editora Vozes, RJ, 1974.
- MAS-COLLEL, Andreu, WHINSTON, Michael D., Green, Jerry R. *Microeconomic Theory*, Oxford University Press, 1995.
- McADAMS, Richard H., A Focal Point Theory of Expressive Law, *Virginia Law Review*, vol. 86, pp. 1649-1729, November, 2000.
- \_\_\_\_\_, *Beyond the Prisoners' Dilemma: Coordination, Game Theory and the Law. John M. Olin Program in Law and Economics Working Paper Series*. The Law School, The University of Chicago, 2008.
- McMILLAN, John, *Games, Strategies & Managers, How Managers can use game theory to make better business decisions*, Oxford University Press, 1992.

MEADOWS, Donella H., *Thinking in Systems: a primer*, Chelsea Green Publishing, 2008.

MONTET, Christian, SERRA, Daniel, *Game Theory and Economics*, Palgrave-Macmillan, 2003.

MOSS, Scott, *Game Theory: Limitations and an Alternative*, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.4, No.4, 2001.

MILLER, John H., PAGE, Scott E., *Complex Adaptive Systems, An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton University Press, 2007.

MIRABETE, Julio Fabbrini, *Manual de Direito Penal, Parte Geral*, vol, 1, Atlas, 1996.

MUELLER, Dennis C., *Public Choice: An Introduction* in ROWLEY, Charles K., SCHNEIDER, Friedrich, eds., *The Encyclopedia of Public Choice*, Kluwer Academic Publishers, vol. 1 , 2004, pp.32-48.

NALEBUFF, Barry J., BRANDENBURGER, Adam M., *Co-opetição*, Editora Rocco, Ltda., RJ, 1996.

NELSON, Richard R., WINTER, Sidney G. *Uma Teoria Evolucionária da Mudança Tecnológica*, Editora Unicamp, 2005.

NORTH, Douglass C., *Understanding the Process of Economic Change*, Princeton University Press, 2005.

\_\_\_\_\_, *Economic Performance Through Time*. *The American Economic Review*, vol.84.No.3,(June 1994).

\_\_\_\_\_, *Institutions*, *Journal of Economic Perspectives*, vol.5, No.1, 1991, pp.97-112.

\_\_\_\_\_, *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press, 1990.

OHDAIRA, Tetsushi, TERANO, Takao, *Cooperation in the prisoner's dilemma game based on the second best decision*, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.12, No.4/7, 2009.

OLSON, Mancur, *A Lógica da Ação Coletiva*, EDUSP Editora, 2011.

OSTROM, Elinor, *Governing the Commons, The evolution of institutions for collective action*, Cambridge University Press, 2011.

PARISI, Francesco, *Production of Legal Rules (Encyclopedia of Law and Economics)*, Volume 7, Edward Elgar Pub; 2<sup>nd</sup> Ed. (February, 2012).

PARSONS, Simon, GMYTRASIEWICZ, Piotr, WOOLDRIDGE, Michael, *Game Theory and Decision Theory in Agent-Based Systems*, Kluwer Academic Publishers, 2002.

PEREIRA, Caio Mário da Silva, *Responsabilidade Civil*, 8<sup>a</sup> Ed. Forense, 1997.

PETRAZYCKI, Leon, *Law and Morality*, Transaction Publishers, New Brunswick, New Jersey, 2011.

PIDD, Michael, *Computer Simulation in Management Science*, 5<sup>th</sup> Ed. John Wiley & Sons. Ltd.,2004.

PINDYCK, Robert S., RUBINFELD, Daniel L., *Microeconomics*, 7<sup>th</sup> Ed. Pearson-Prentice Hall, 2009.

POLHILL, J.Gary, ODD Updated, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.13, No.4/9, 2010.

POLHILL, J.Gary, PARKER, Dawn, BROWN, Daniel, GRIMM, Volker, Using the ODD Protocol for Describing Three Agent-Based Social Simulation Models of Land-Use Change. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol,11, No.2/3, 2008.

POPPER, Karl Raimund, *Lógica das Ciências Sociais*, Tempo Brasileiro, Rio de Janeiro, 3<sup>a</sup> Ed., 2004.

POSNER, Eric A., *Law and Social Norms*, Harvard University Press, 2000.

POSNER, Richard A. *Economic Analysis of Law*, Aspen Casebook Series, 8<sup>th</sup> Ed., Wolters Kluwer, 2011.

RAILSBACK, Steven F., GRIMM, Volker, *Agent-Based and Individual-Based Modeling, A Practical Introduction*, Princeton University Press, 2012.

RASMUSEN, Eric, *Games and Information. An Introduction to Game Theory*, Blackwell Publishing, 2007.

RAUHUT, Heiko, JUNKER, Marcel, Punishment Deters Crime Because Humans are Bounded in their Strategic Decision-Making. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.12, No.3/2, 2009.

RAWLS, John, *Uma Teoria da Justiça*, Martins Fontes, 2002.

RAZ, Joseph, *O Conceito de Sistema Jurídico*, Uma Introdução à Teoria dos Sistemas Jurídicos, Editora WMF Martins Fontes, Ltda., 2012.

REALE, Miguel, *Lições Preliminares de Direito*, Saraiva, 22<sup>a</sup> Ed., 1995.

ROSSITER, Stuart, NOBLE, Jason e BELL, Keith R.W. Social Simulations: Improving Interdisciplinary Understanding fo Scientific Positioning and Validity, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.13, No.1, 2010

RUSSELL, Stuart.; NORVIG, Peter. *Artificial Intelligence, A Modern Approach*, Prentice Hall / Pearson, 3<sup>rd</sup> Ed, 2010.

SACHS, Jeffrey, *The True Drivers of Development*, Foreign Affairs, v.91, n.5, Sep/Oct 2012.

SCHELLING, Thomas C., An Astonishing Sixty Years: The Legacy of Hiroshima, *The American Economic Review*, Vol.96, No.4 (Sep., 2006), pp.929-937.

\_\_\_\_\_, *The Strategy of Conflict*, Harvard University Press, 1980.

SCOTCHMER, Suzanne, *Innovation and Incentives*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 2006.

SHANNON, Robert E., *Systems Simulation, The art and science*, Prentice-Hall, Inc., 1975.

SHAVELL, S. *Foundations of Economic Analysis of Law*, Cambridge, Harvard University Press, 2004.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis, Considerações sobre Economia do Crime no Brasil: um sumário de 10 anos de pesquisa. *Economic Analysis of Law Review*, V.1, nº2, p.318-336, Jul - Dez, 2010.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis, SCHAEFER, Gilberto José, Economia do Crime: Elementos teóricos e evidências empíricas. *Revista Análise Econômica*, FCE/UFRGS, ano 19, nº36, setembro, 2001.

SCHINDLER, Julia, Rethinking the Tragedy of the Commons: The Integration of Socio-psychological Dispositions, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.15, No.1/4, 2012.

SCOTT, Richard W. Institutions and Organizations: Toward a theoretical synthesis. In: SCOTT, W. Richard *et al Institutional environments and organizations: structural complexity and individualism*. London: Sage, 1994a. p.55-80.

\_\_\_\_\_. Institutions analysis: variance and process theory approach. In: SCOTT, W. Richard *et al Institutional environments and organizations: structural complexity and individualism*. London: Sage, 1994b.p.81-99.

SHOHAM, Yoav, LEYTON-BROWN, Kevin, *Multiagent Systems, Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations*, Cambridge University Press, 2009.

SILVA, Luiz Cláudio, *Responsabilidade Civil, Teoria e Prática das Ações, Forense*, 1998.

SIMON, Herbert, The Architecture of Complexity, *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol.106, No. 6 (Dec..12, 1962). pp.467-482.

SORELL, Tom (ed.). *The Cambridge Companion to Hobbes*, Cambridge University Press, 2006.

SKYRMS, Brian, *The Stag Hunt and the Evolution of Social Structure*, Cambridge University Press, 2004.

\_\_\_\_\_. *Evolution of the Social Contract*, Cambridge University Press, 1996.

SUGDEN, Robert, A Theory of Focal Points, *The Economic Journal*, vol.105, No.430(May, 1995), pp.533-550.

SUNSTEIN, Cass R. On The expressive Function of Law, *University of Pennsylvania Law Review*, vol.144, No.5 (May, 1996), pp. 2021-2053.

TIMM, Luciano Benetti (org.), *Direito e Economia no Brasil*, Atlas, 2012.

TIMM, Luciano Benetti; SANTOS FILHO, Hermílio Pereira dos; *Demandas Judiciais e Morosidade da Justiça Civil*, Edital CNJ 01/2009, Porto Alegre, março de 2011.

TULLOCK, Gordon, *The Rent-Seeking Society*, *The Selected Works of Gordon Tullock*, vol.5, Liberty Fund, Inc., 2005.

TYLER, Tom R. *Why People Obey the Law*. Princeton University Press, 2006.

\_\_\_\_\_, *Why People Cooperate*. The Role of Social Motivations, Princeton University Press, 2011.

VARIAN, Hal R. *Microeconomia, princípios básicos*, 7ª Edição, Campus-Elsevier, 2003.

WEBER, Max, *Economia e Sociedade*, vols. I e II, Editora Universidade de Brasília, 2009.

WILENSKY, Uri. (2002). NetLogo PD Basic Evolutionary model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/PDBasicEvolutionary>, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL

\_\_\_\_\_, *NetLogo*. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL, 1999. Disponível em: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Acesso em: 15 dez. 2010.

WILLIAMSON, Oliver E. Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations. *Journal of Law and Economics*, vol. 22, No.2 (Oct.,1979),pp.233-261.

WITT, Ulrich (2010): Economic Behavior: Evolutionary vs. behavioral perspectives, `Papers on economics and evolution, No. 1017, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:27-20110628-150917-6>.

WOOLDRIDGE, M.; *An Introduction to Multiagent Systems*. NJ, John Wiley & Sons, Ltd., 2002.

XIANYU, Bo, Prisoner's Dilemma Game on Complex Networks With Agent's Adaptive Expectations, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.15, No.3/3, 2012.

YEUNG, Luciana L., AZEVEDO, Paulo F. Measuring efficiency of Brazilian Courts with Data Envelopment Analysis (DEA), *IMA Journal of Management Mathematics* (2011) 22, 343-356.

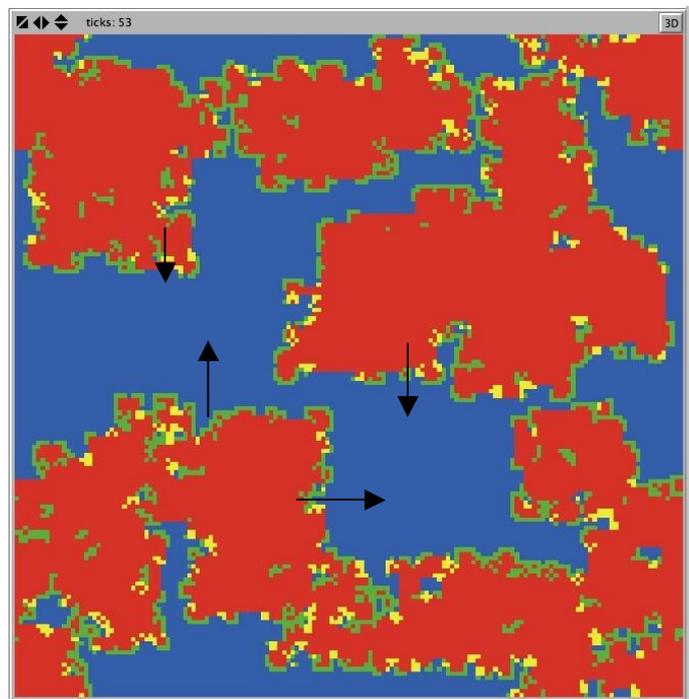
YOUNG, H. Peyton, *Individual Strategy and Social Structure, an Evolutionary Theory of Institutions*, Princeton University Press, 1998.

## APÊNDICE 1

### EXEMPLOS DE SIMULAÇÃO

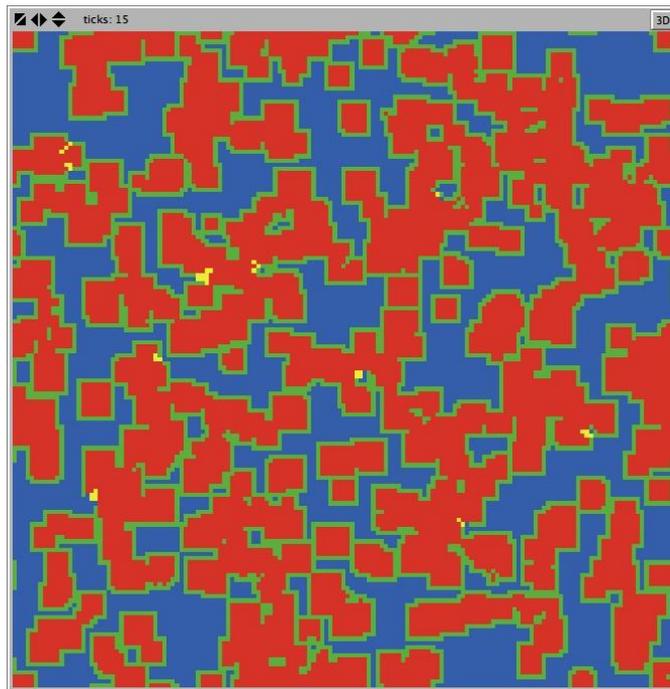
As figuras 13 a 14 mostram cenários de simulação onde a estratégia azul está sendo dominada pela estratégia vermelha, mais benéfica para os agentes. O fenômeno pode ser identificado porque o predomínio das franjas verdes nas bordas indicam que os agentes ao interagirem entre si estão preferindo aderir à estratégia vermelha do que permanecer na estratégia azul. A velocidade da difusão é função da percepção de recompensa oferecida por cada estratégia, pois conforme pode ser observado, existem diferenças no percentual de agentes que adere às estratégias em cada cenário de simulação, perceptível pela diferença na quantidade de agentes que adotam cada uma das estratégias. Nas figuras 15 a 21, vários cenários de simulação são mostrados, nos quais pode ser observada uma estratégia invadindo a outra ou mostrando o equilíbrio dinâmico das estratégias.

**Figura 13 - Estratégia vermelha invadindo a azul.**



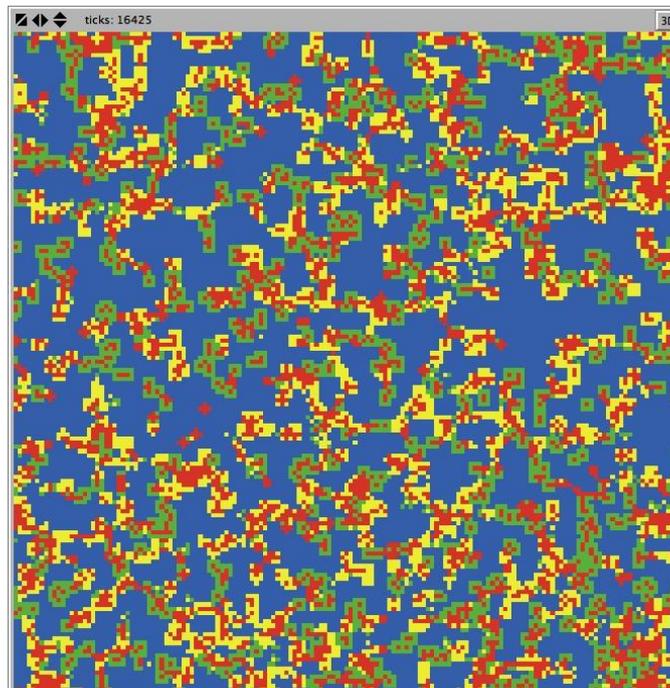
Fonte: Autor.

**Figura 14 - Estratégia vermelha invadindo a azul.**



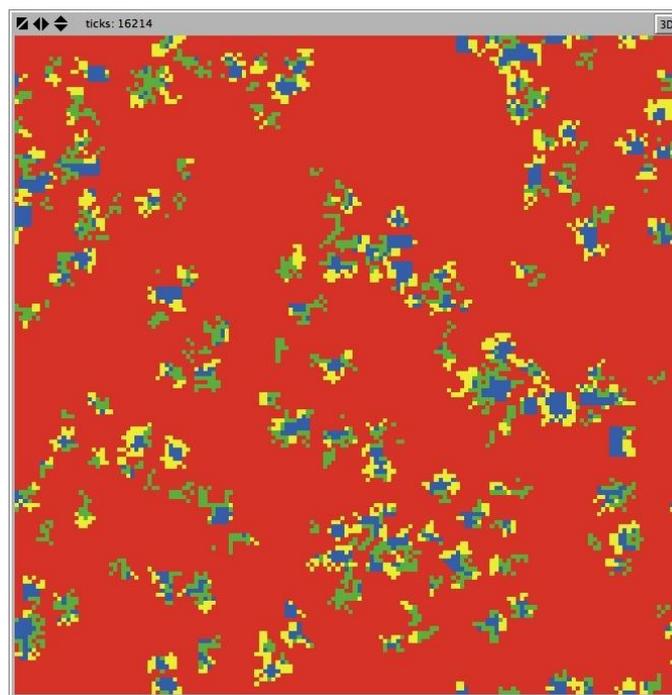
**Fonte: Autor.**

**Figura 15 – Sistema em equilíbrio.**



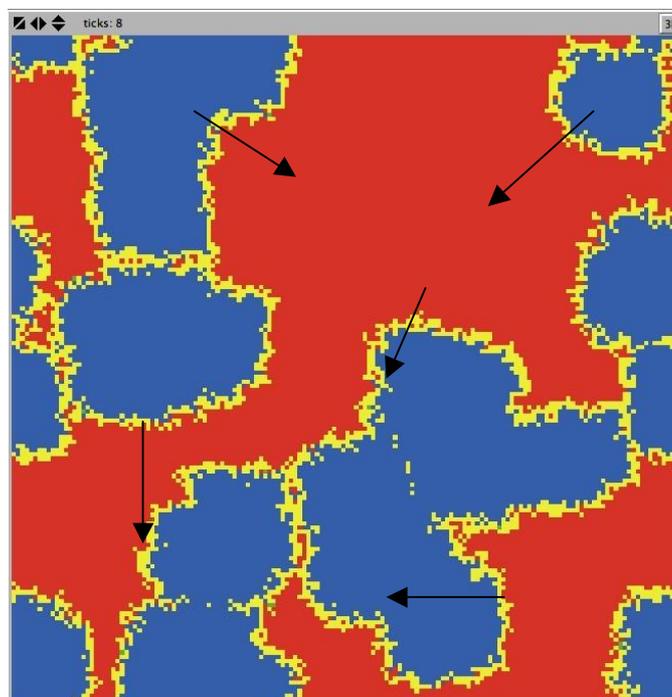
**Fonte: Autor.**

**Figura 16 – Sistema em equilíbrio.**



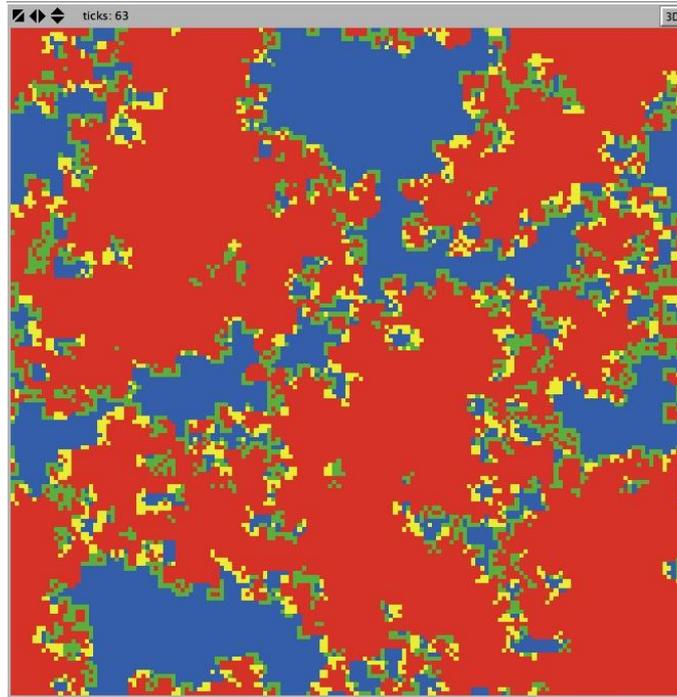
**Fonte: Autor.**

**Figura 17 - Estratégia azul invadindo a vermelha.**



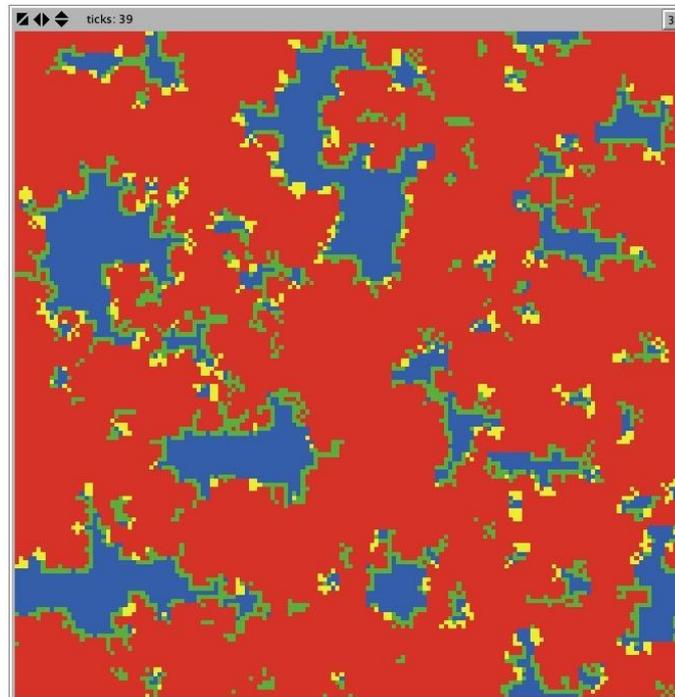
**Fonte: Autor.**

**Figura 18 - Estratégia vermelha invadindo a azul.**



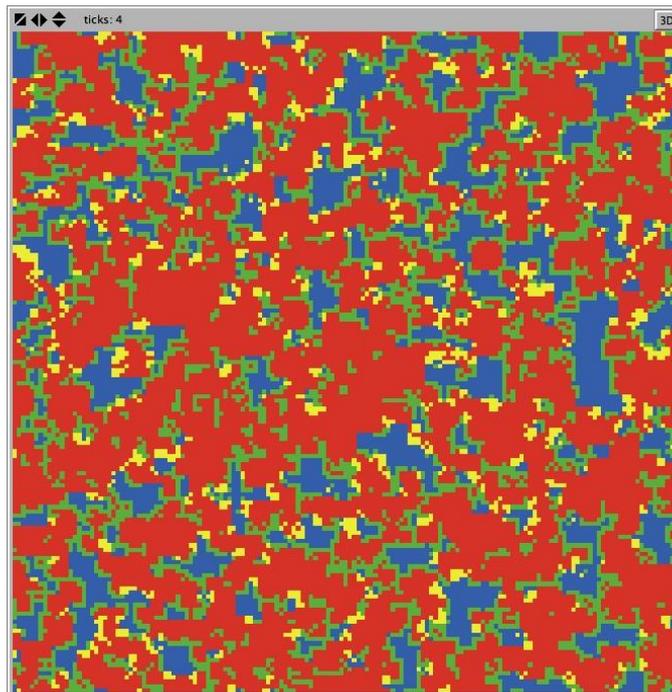
**Fonte: Autor.**

**Figura 19 - Estratégia vermelha invadindo a azul.**



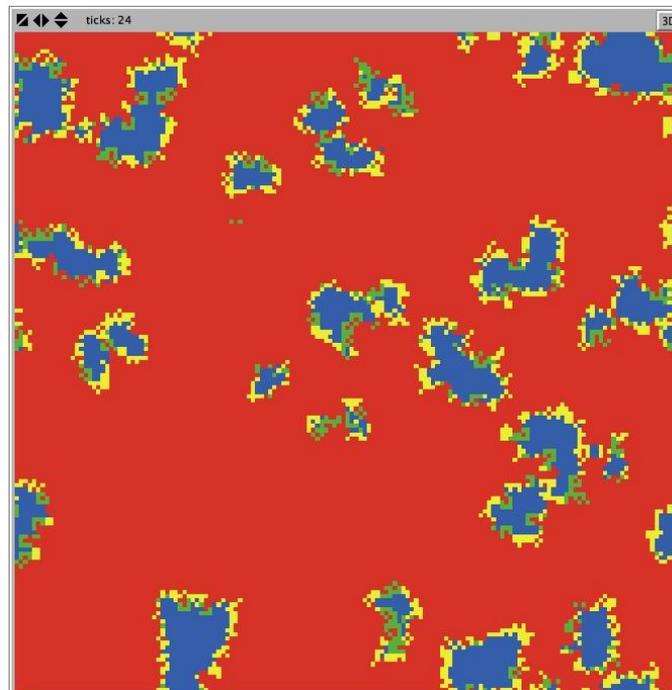
**Fonte: Autor.**

**Figura 20 - Estratégia vermelha invadindo a azul.**



**Fonte: Autor.**

**Figura 21 - Estratégia azul invadindo vermelha.**



**Fonte: Autor.**

## APÊNDICE 2 - SIMULADOR NO PROTOCOLO ODD

Para alcançar de forma satisfatória o projeto de um modelo baseado em agentes, desenvolveu-se o protocolo ODD<sup>67</sup> (RAILSBACK e GRIMM, 2012, GRIMM, 2010, POLHILL, 2010) para descrever suas etapas (POLHILL *et al.*, 2008), englobando todos os aspectos envolvidos na concepção do projeto, desde sua formulação conceitual até chegar aos detalhes de codificação na plataforma multiagente selecionada<sup>68</sup>.

O problema da padronização de processos em sistemas multiagentes já estava sendo verificado na literatura (POLHILL *et al.*, 2008, HAMILL, 2010) em face das características específicas deste tipo de modelagem e simulação, pois a replicação do experimento é uma necessidade para ser possível validar, revisar ou comparar as conclusões obtidas.

A questão está especificamente relacionada ao processo de modelagem e menos na simulação em si, pois uma vez compreendidas e identificadas as etapas de concepção mental do modelo, a utilização da plataforma computacional torna-se questão de adaptabilidade e conveniência aos processos que se procura realizar.

O foco principal do protocolo ODD está na padronização da descrição de modelos multiagentes na literatura acadêmica para assegurar que sejam legíveis, completas e inteligíveis, permitindo capturar todas as informações relevantes pertinentes ao modelo, que possibilitem quaisquer usuários e pesquisadores em modelagem e simulação multiagente usar um padrão de comunicação comum. A aceitação do protocolo tem se refletido no número de trabalhos que utilizam o método (GRIMM *et al.*, 2010). O protocolo ODD possui sete elementos de análise agrupados em três dimensões conceituais, cada um deles desdobrado em subitens com o objetivo de detalhar cada passo do processo de concepção, conforme mostrado na Tabela 1.

---

<sup>67</sup> ODD – Overview, Design concepts and Details (Railsback e Grimm, 2012, p.35).

<sup>68</sup> Neste caso, a plataforma Netlogo (Wilensky, 2002, 1999)

Tabela 1 – Modelo Computacional no Protocolo ODD.

<b>VISÃO GERAL</b>	<b>(a) Motivação</b> Declaração clara e concisa da questão de pesquisa ou do problema a ser investigado pelo modelo: qual o sistema que se está modelando e o que se está querendo aprender com isso.
	<b>(b) Entidades, variáveis de estado e escalas</b> Um esboço global do modelo. Quais as entidades pertencentes ao sistema real estão presentes. Quais as variáveis utilizadas para caracterizá-las.
	<b>(c) Visão Geral dos Processos</b> Descreve a dinâmica do modelo. Os processos que modificam as variáveis de estado e as entidades do modelo. As informações dadas devem ser capazes de responder o que as entidades descritas anteriormente estão fazendo. Quais os comportamentos os agentes executam a medida que o tempo de simulação progride.
<b>CONCEITOS DE PROJETO</b>	Como são implementados tecnicamente o conjunto de conceitos básicos para a concepção do modelo (Devem ser descritos os subitens para ser possível entender como o algoritmo funciona).
<b>DETALHES</b>	<b>(a) Inicialização</b> Quais são as condições de inicialização do modelo, pois os resultados de muitos modelos dependem das condições iniciais da simulação
	<b>(b) Dados de entrada</b> Quais dados de entrada alimentam o processo de simulação
	<b>(c) Sub-modelos</b> Descrição dos mecanismos programáveis utilizados para implementar o modelo, como procedures, rotinas, etc.

Fonte: Adaptado de Railsback e Grimm (2012).

Cada modelo multiagente possui suas próprias características particulares. Portanto, nem sempre todos os modelos contemplarão cada um dos quesitos propostos pelo protocolo (POLHILL *et al*, 2008). Não obstante, o detalhamento da técnica utilizada facilita caracterizar a transição de um modelo abstrato e conceitual multiagente até sua implementação computacional, com a descrição de suas funcionalidades de operação. Segue, portanto, a descrição do modelo conforme o protocolo ODD (GRIMM *et al*, 2010, RAILSBACK e GRIMM, 2012).

## 1 – Visão Geral

### a. **Motivação**

O modelo tem por objetivo investigar processos de coordenação nos quais seja possível observar a influencia de normas jurídicas impositivas e normas sociais não escritas. O modelo foi desenvolvido para explorar teoricamente as interações estratégicas de agentes e assim gerar hipóteses que relacionem o impacto que estes mecanismos sociais de incentivo desempenham na tomada de decisão dos agentes.

A justificativa para reunir estas duas dimensões de estímulos no experimento está relacionada aos fundamentos da análise econômica do direito (COOTER e ULEN, 2010, POSNER, 2011, SHAVELL, 2004) que postulam que a lei, entendida como sanção legal, pode ser aproximada como um preço que interfere na conduta dos agentes, incentivando ou desincentivando determinados comportamentos.

Agentes sociais não respondem de forma automática e proporcional aos comandos legais, sancionadores ou não, pois seu comportamento é estratégico, vale dizer, sua tomada de decisão leva em consideração as decisões de outros agentes no mesmo contexto. Assim, o modelo propõe que as condutas estratégicas dependem de vários mecanismos institucionais de incentivo, do qual a norma jurídica é apenas um deles.

O modelo teórico que serve como substrato do sistema multiagente proposto identifica três dimensões de análise da ação social em termos de comportamento estratégico - dominância, cooperativa, conflitiva - nas quais as normas jurídicas atuam de forma discriminante, coordenativa ou dissuasória. Esta simulação propõe demonstrar que os processos emergentes são decorrentes da interação conjunta de normas jurídicas e normas sociais no contexto das relações estratégicas de múltiplos agentes sociais em determinado ambiente.

O experimento permite demonstrar que múltiplos equilíbrios de Nash são possíveis, nos quais os agentes não têm interesse em mudar suas estratégias dadas as estratégias de cada um. A concepção da interação como infinitamente repetida deriva dos experimentos de Axelrod (1997,1984) usando

o dilema do prisioneiro iterado no qual os benefícios ou prejuízos de cada jogador não são simetricamente distribuídos, característico do jogo de soma-zero. Neste modelo de simulação, a repetição infinita das estratégias permite analisar a emergência de processos relacionados às normas sociais que surgem a partir da interação entre os agentes.

A norma jurídica atua como elemento externo à simulação, oferecendo uma utilidade aos agentes pelo uso de determinada estratégia. A simulação permite observar a dinâmica das interações estratégicas a partir da perspectiva dos múltiplos equilíbrios emergentes e, conseqüentemente, a análise da possibilidade de saliência de um ponto focal de coordenação, dependendo do valor obtido em cada combinação de estratégias.

#### **b. Entidades, variáveis de estado e escalas**

O modelo é constituído de um tipo de agente, os *patches* (WILENSKY, 2002, 1999) que interagem uns com os outros no ambiente. Não são usadas variáveis de estado na simulação, apenas um valor arbitrário atribuído para o agente que usa estratégia azul ou que usa estratégia vermelha, como forma de diferenciar a decisão sobre cada estratégia, seja de normas sociais (azul), seja de normas formais (vermelha), que simula a incidência da norma jurídica na interação, por ser externa ao ambiente de interação. A escala dos valores arbitrários é unitária, apenas para comparar o ganho obtido pela cooperação ou não de cada *patch*. Na execução da simulação a variável coletada são as freqüências dos equilíbrios enquanto dura a simulação.

#### **c. Visão geral dos processos**

A simulação ocorre a partir da seleção de um percentual inicial da população de *patches* que utiliza a estratégia azul no início da simulação. Este percentual inicial, cujo valor não pode ser alterado após o início da simulação reflete o numero de agentes no ambiente que optam inicialmente pela estratégia cooperar, traduzindo a utilidade atribuída às normas sociais nas recompensas dos agentes naquele cenário.

### **Implementação – conceitos de projeto**

#### **Processos emergentes:**

Os processos que emergem da simulação são as interações entre os agentes, comparando as recompensas obtidas. A interação do agente com seus vizinhos é aleatória, dependendo apenas da comparação de valores. Os locais físicos onde ocorrem as comparações se modificam de instante em instante, pois o algoritmo gera um valor aleatório entre 0 e 1 para definir quais os agentes vão utilizar a estratégia azul em cada rodada, a partir do percentual fornecido pelo observador através do console do simulador.

Os agentes atuam como tomadores de decisão egoístas e racionais, avaliando exclusivamente como podem tirar mais vantagem do contexto, pois quando o agente escolhe vermelho, se aproveita dos vizinhos, adquirindo conhecimento, mas não compartilha, pois prefere não cooperar.

Com estratégias puras o comportamento dos agentes em termos de comparação de recompensas depende apenas das condições iniciais da simulação e da recompensa dada para cada estratégia.

O modelo admite que ambas as estratégias possam ser modeladas a partir de distribuições de probabilidade em estratégias mistas, tornando a decisão do agente em adotar uma determinada estratégia em processo essencialmente estocástico.

A existência de pontos focais na interação depende, portanto, de como as preferências são ordenadas a partir de todos os incentivos dispostos aos agentes, levando à conclusão que a norma jurídica sozinha, não tem a capacidade de estabelecer um ponto focal. Desde a perspectiva do custo social das interações, pode se revelar necessária, mas não suficiente.

### **Detalhes de inicialização e dados de entrada**

A inicialização ocorre a partir da seleção de um percentual inicial de *patches* que cooperam e um multiplicador  $\alpha$  para determinar a recompensa do *patch* para a não-cooperação. O modelo não utiliza outros dados de entrada.

Para aumentar as estocasticidade do modelo é possível conceber os fatores que determinam o multiplicador  $\alpha$  a partir de uma função de distribuição de probabilidade. Adicionalmente, é possível modificar dinamicamente o uso de estratégias a partir de probabilidades em estratégias mistas, permitindo assim observar equilíbrios em interações estratégicas onde haja dominância estrita.

## Sub-modelos

Conforme prevê o protocolo ODD, nesta seção descrevem-se o funcionamento de cada uma das sub-rotinas que realizam a simulação, apresentados pela Tabela 2.

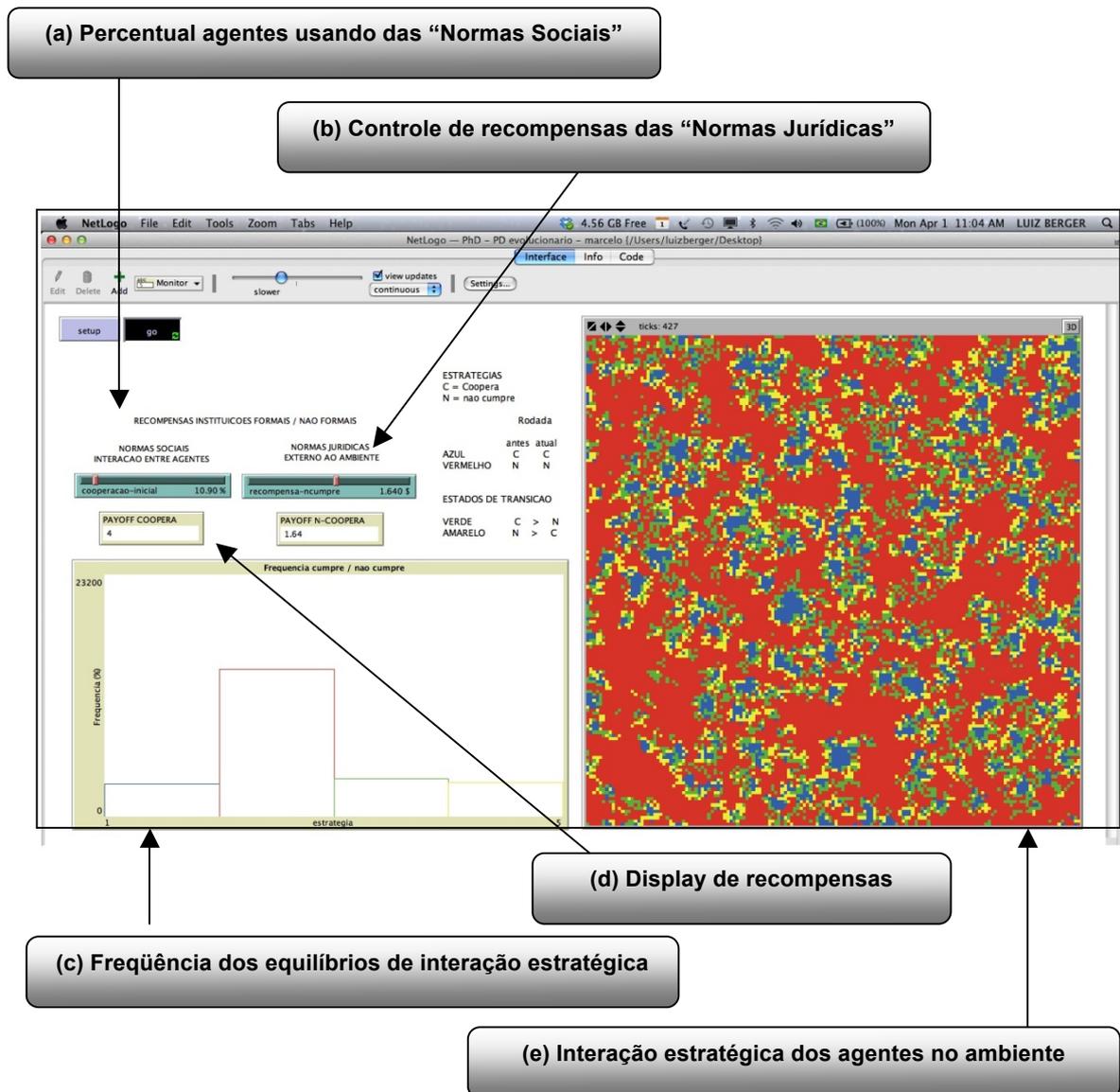
Tabela 2 - Protocolo ODD.

<i>setup</i>	Define quantos <i>patches</i> vão usar estratégia azul através do valor de entrada no console Para cada <i>patch</i> , Entrega um valor booleano (true /false).
<i>setup</i>	Para cada <i>patch</i> , recebe uma variável booleana fornecida na sub-rotina de <i>setup</i> . Guarda o valor atual e o anterior recebido em duas variáveis para poder comparar quais os estados anteriores e atuais dos <i>patches</i> .
<i>go</i>	<b>Rotina principal de execução.</b> Interage com os oito vizinhos pela sub-rotina <i>interact</i> . Faz o somatório dos vizinhos que usam estratégia azul
<i>Update – plot</i>	Atualiza impressão.
<i>Plot – histogram – helper</i>	Gera o histograma contando o numero de <i>patches</i> e suas respectivas estratégias e os <i>patches</i> que estão trocando de estratégia dinamicamente.
<i>interact</i>	Atribui como recompensa o numero de vizinhos que usam azul e se usam vermelha, multiplica por $\alpha$ .
<i>Select – strategy</i>	A cada rodada, ao interagir com os oito vizinhos ele determina a recompensa dessa interação. Se o <i>patch</i> usa azul, sua recompensa é o total de vizinhos que utiliza a mesma estratégia. Se o <i>patch</i> usa vermelho, multiplica este valor por $\alpha$ . Na rodada seguinte, o <i>patch</i> guarda a sua ultima estratégia e na seguinte ele adota a estratégia do <i>patch</i> vizinho que teve a maior recompensa na rodada anterior.
<i>Establish – color</i>	Atribui a cor de cada <i>patch</i> , conforme as estratégias usadas na rodada atual e na anterior.

Fonte: Adaptado de Railsback e Grimm (2012).

## APENDICE 3 – PAINEL DE CONTROLE

Figura 22 – Painel de Controle do Simulador.



Fonte: Autor.

Tabela 3 – Descrição das Estratégias de simulação

Estratégia azul: recompensas calculadas internamente
Estratégia vermelha, recompensa fornecida externamente pelo observador
Estratégia verde, o patch transita da estratégia azul para a vermelha
Estratégia amarela, o patch transita da estratégia vermelha para a azul

Fonte: Autor.