

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Dissertação

**Dilemas Dramáticos em Jogo de Autorregulação
de Processos de Trocas Sociais Dramáticas: uma
Aplicação em Sistemas Multiagente**

Nelson de Faria Traversi

Orientador: Prof. Dra. Graçaliz Pereira Dimuro
Co-orientador: Prof. Dra. Diana Francisca Adamatti

Rio Grande, 2019

Ficha catalográfica

T781d Traversi, Nelson de Faria.

Dilemas dramáticos em jogo de autorregulação de processos de trocas sociais dramáticas: uma aplicação em sistemas multiagente / Nelson de Faria Traversi. – 2019.

48 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Computação, Rio Grande/RS, 2019.

Orientadora: Dra. Graçaliz Pereira Dimuro.

Coorientadora: Dra. Diana Francisca Adamatti.

1. Sistemas Multiagente 2. Teoria do Drama 3. Dilemas
4. Autorregulação de Trocas Sociais 5. Natyasastra I. Dimuro,
Graçaliz Pereira II. Adamatti, Diana Francisca III. Título.

CDU 004:792

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

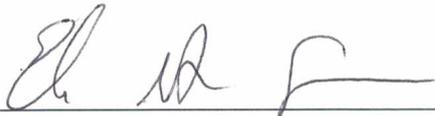
**Dilemas dramáticos em jogo de autorregulação de processos de trocas
sociais dramáticas: uma aplicação em sistemas multiagente**

Nelson de Faria Traversi

Banca examinadora:



Prof^ª. Dr^ª. Raquel de Miranda Barbosa



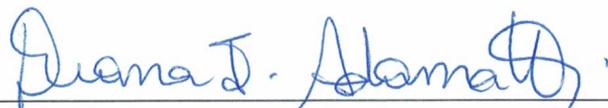
Prof. Dr. Eder Mateus Nunes Gonçalves



Prof. Dr. Cleo Zanella Billa



Prof. Dr. Prof^ª. Dr^ª. Graçaliz Pereira Dimuro
Orientadora



Prof^ª. Dr^ª. Diana Francisca Adamatti
Coorientadora

*Dedico este trabalho a meu pai que sempre me ajudou e me deu suporte para
continuar meus estudos.*

RESUMO

TRAVERSI, Nelson de Faria. **Dilemas Dramáticos em Jogo de Autorregulação de Processos de Trocas Sociais Dramáticas: uma Aplicação em Sistemas Multiagente**. 2019. 49 f. . Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

Trocas sociais foram utilizadas na literatura como base das interações em Sistemas Multiagente, tais interações conhecidas como trocas de serviços que são avaliadas pelos próprios agentes que participam das trocas, com a finalidade de determinar e manter o equilíbrio da sociedade, permitindo e estimulando a continuidade das interações, em ambientes onde os agentes podem adotar diferentes estratégias de troca.

O jogo dramático de autorregulação denominado Natyasastra utiliza a teoria do drama para simular as interações e trocas de serviços entre os agentes em uma sociedade. Neste jogo, agentes efetuam trocas entre si, avaliam essas trocas, evoluem suas estratégias de acordo com o ganho e a perda de *fitness* dos ciclos passados, calculando seu *fitness* com ou sem emoções, dependendo da divergência encontrada entre as ofertas dos agentes.

Quando ocorrem mudanças no jogo, os jogadores podem enfrentar um ou mais dos seis dilemas da Teoria do Drama, que são: confiança, dissuasão, ameaça, posicionamento, cooperação e indução.

Nesse trabalho foi feita uma revisão dos dilemas da teoria do drama no contexto do jogo dramático Natyasastra. Propõe-se a interpretação de todos os dilemas com sua implementação, e inclusão de gatilhos para a ativação dos dilemas. Visto que a ação constante dos dilemas é algo irreal, os gatilhos foram feitos de forma a simular a ocorrência dos dilemas, enquanto as funções ligadas aos gatilhos têm como objetivo desativar os dilemas, já que a ausência de dúvidas é uma condição desejada para a autorregulação.

Os resultados mostram que a influencia dos dilemas, em sua grande maioria, prejudicam o ganho individual dos agentes, enquanto que, ao mesmo, tempo promove a estabilidade da sociedade.

Palavras-chave: Sistemas Multiagente, Teoria do Drama, Dilemas, Autorregulação de Trocas Sociais, Natyasastra.

ABSTRACT

TRAVERSI, Nelson de Faria. **Dramatic Dilemmas in Self-Regulation Game of Dramatic Social Exchanges: an Application in Multiagent Systems.** 2019. 49 f. . Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

Social exchanges were used in the literature as the basis of the interactions in Multiagent Systems, such interactions known as service exchanges that are evaluated by the agents involved in the exchanges, in order to determine and maintain the society equilibrium, allowing and stimulating the continuity of the interactions, in environments where agents can adopt different exchange strategies.

The dramatic game of self-regulation called Natyasastra uses drama theory to simulate interactions and service exchanges between agents in a society. In this game, agents make exchanges between themselves, evaluate these exchanges, evolve their strategies according to the gain and loss of fitness of the past cycles, calculating their fitness with or without emotions depending on the divergence found between agents' offers.

When game changes occur, players may adopt one or more of the six dilemmas of Drama Theory, which are: Trust, Deterrence, Threat, Positioning, Cooperation, and Inducement.

In this work, a revision of the drama theory dilemmas in the context of the dramatic game Natyasastra was done. It proposes the interpretation of all the dilemmas with their implementation, and inclusion of triggers for the activation of the dilemmas. Since the constant action of the dilemmas is somewhat unrealistic, the triggers were done in a way to simulate the occurrence of the dilemmas, whereas the functions linked to the triggers are aimed at deactivating the dilemmas, since the absence of doubts is a desired condition for self-regulation.

The results show that the influence of the dilemmas, for the most time, decreasing the individual agents gain. However, it promotes the stability of society.

Keywords: Multiagent Systems, Drama Theory, Dilemmas, Self-Regulation in Social Exchanges, Natyasastra.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Etapas de trocas entre dois agentes (ROJAS, 2015).	14
Figura 2	Fases da Resolução Dramática, adaptado de (HOWARD, 1994a)	16
Figura 3	Resolução Dramática no Natyasastra (WOTTER, 2016)	20
Figura 4	Payoff Suposto	22
Figura 5	Payoff Efetivo	22
Figura 6	Fitness com Emoções	24
Figura 7	Dilema da Confiança - Etapa 1.	27
Figura 8	Dilema da Confiança - Etapa 2	27
Figura 9	Dilema da Dissuasão.	28
Figura 10	Dilema da Ameaça - Etapa 1.	28
Figura 11	Dilema da Ameaça - Etapa 2.	29
Figura 12	Dilema da Ameaça - Etapa 3.	29
Figura 13	Dilema da Posicionamento.	29
Figura 14	Dilema da Cooperação.	30
Figura 15	Dilema da Indução - Etapa 1.	30
Figura 16	Dilema da Indução - Etapa 2	31
Figura 17	Modelo de resolução dramática com dilemas (TRAVERSI, 2017) .	31
Figura 18	Modelo de resolução dramática com dilemas e colaboração e coo- peração (TRAVERSI, 2017).	34
Figura 19	Modelo de resolução dramática com dilemas e gatilhos	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Definição das estratégias.	19
Tabela 2	Vetor de Ajuste e de Possibilidades	19
Tabela 3	Parâmetros das estratégias de troca sociais	20
Tabela 4	Trocas e Fitness da Sociedade Altruísta	41
Tabela 5	Trocas e Fitness da Sociedade Egoísta	42
Tabela 6	Trocas e Fitness da Sociedade Heterogênea	43
Tabela 7	Ativação dos dilemas	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	12
1.2	Organização do Texto	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Trocas Sociais	13
2.1.1	Valores de Troca	13
2.1.2	Estrutura das Trocas Sociais	13
2.1.3	Equilíbrio Material e Virtual	15
2.2	Teoria dos Jogos	15
2.3	Teoria do Drama	15
2.3.1	Resolução Dramática	16
2.4	JAPTS	17
2.4.1	Estratégias de Trocas Sociais	18
2.5	Natyasastra	20
2.5.1	Fase 1: Definição de cena	20
2.5.2	Fase 2: Trocas	21
2.5.3	Fase 3: Clímax	23
2.5.4	Fase 4: Resolução	24
2.5.5	Fase 5: Desfecho	24
2.5.6	Evolução das Estratégias	25
3	MODELO DE RESOLUÇÃO DRAMÁTICA BASEADA EM DILEMAS	27
3.1	Dilemas em Natyasastra	31
3.2	Definição de Gatilhos	35
4	SIMULAÇÕES E ANÁLISES DOS RESULTADOS	40
4.1	Sociedade Altruísta	41
4.2	Sociedade Egoísta	41
4.3	Sociedade Heterogênea	42
4.4	Ativação dos dilemas nas simulações	43
4.5	Análise da inclusão dos dilemas e seus gatilhos	43
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	46
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho situa-se no contexto das áreas de Trocas Sociais de Piaget (PIAGET, 1995), Teoria dos Jogos (NEUMANN; MORGENSTERN, 1944), Teoria do Drama (HOWARD, 1994a) e Dilemas Dramáticos (AZAR; KHOSRAVANI; JALALI, 2014).

A Teoria das Trocas Sociais de PIAGET (1995) tem sido usada como base para a análise das interações em sistemas multiagente. Essas interações são entendidas como trocas de serviços, que são avaliadas pelos agentes que interagem, gerando assim um conceito de valores para as trocas sociais, que são valores qualitativos e subjetivos (DIMURO; COSTA, 2006).

Um dos grandes problemas enfrentados é obter o equilíbrio das trocas sociais na sociedade, evitando que alguns agentes ou grupos de agentes se beneficiem mais do que outros, o que pode causar problemas de poder social de alguns sobre outros que são subjugados. O controle de equilíbrio (regulação) pode ser centralizado, descentralizado, ou interno a cada agente. Neste último caso, diz-se um problema de autorregulação.

O problema de autorregulação pode ser resolvido por diversas técnicas, utilizando processos de decisão parcialmente observáveis de Markov (DIMURO; ROCHA COSTA, 2015) ou pela teoria dos jogos (MACEDO et al., 2014). Neste trabalho, adota-se uma abordagem na linha da teoria dos jogos.

A Teoria dos Jogos (NEUMANN; MORGENSTERN, 1944) define que, normalmente, em um jogo, as preferências e oportunidades dos jogadores são fixas e por não existir comunicação entre os jogadores, estes valores não são alterados. Assim, os jogadores tentam prever o resultado de um jogo como jogadores racionais.

A Teoria do Drama (HOWARD, 1994a) foi criada como uma extensão da teoria dos jogos, onde as preferências e opções dos personagens (jogadores) podem mudar devido à pressão proveniente das negociações do pré-jogo. Ao contrário da teoria dos jogos, a teoria do drama permite que os personagens comuniquem-se uns com os outros antes do jogo, criando suas próprias estratégias de jogo, como também o resultado esperado, sem a necessidade de prever um resultado. Também é descartada

a hipótese de que os jogadores têm ideia do que querem, o que os outros querem, e o que eles e os outros podem fazer sobre isso e que todas as opções e preferências são fixas (HOWARD, 1994a).

A base inicial deste trabalho foi o Jogo de Autorregulação de Processos de Trocas Sociais (JAPTS) (MACEDO et al., 2014), onde os agentes, possuindo diferentes estratégias de trocas sociais, efetuam trocas e a partir da taxa de sucesso evoluem seu vetor de ajuste, posteriormente acrescentando trocas mais justas e equilibradas, tentando aumentar o número de trocas bem sucedidas. WOTTER (2016) acrescentou sentimentos, emoções e reputação ao JAPTS, obtendo o jogo Natyasastra, cujo objetivo é a aproximação de simulações de interações sociais ao contexto de realidade, trazido pela Teoria do Drama (HOWARD, 1994a).

Os Dilemas Dramáticos (HOWARD, 1994a), pertencentes à Teoria do Drama, dizem que quando os personagens se tornam familiares com suas posições e planos em um confronto de interesses, seis dilemas podem ocorrer:

- Dilema da Cooperação: ocorre quando um agente possui dúvidas se outros agentes continuarão realizando trocas com ele;
- Dilema da Confiança: ocorre quando um agente enfrenta a decisão de continuar suas relações antigas ou trocá-las por novas relações mais lucrativas;
- Dilema do Posicionamento: onde um agente deseja estar na posição de outro em uma troca;
- Dilema da Indução: ocorre quando um agente possui uma estratégia tão boa que acaba colocando outro agente em dúvida de seguir suas estratégias ou seguir a estratégia do agente bem sucedido;
- Dilema da Ameaça: quando um agente decide forçar outros agentes a mudarem em vez de atualizar sua própria estratégia;
- Dilema da Dissuasão: quando um agente está sendo ameaçado e deve escolher entre resistir ou ceder a ameaça.

Para cada personagem, uma melhora em potencial significa uma mudança na situação futura, mas essa mudança pode não melhorar a situação atual do agente.

O modelo Natyasastra (WOTTER, 2016) incorpora o Jogo de Autorregulação de Processos de Trocas Sociais (JAPTS) (MACEDO et al., 2014), onde os agentes, possuindo diferentes estratégias de trocas sociais, efetuam trocas e a partir dessas trocas é calculado o ganho de *fitness* de cada agente. Para o cálculo do *fitness* são levados em conta emoções, sentimentos e é gerada uma reputação.

O modelo Dilemas em Natyasastra de (TRAVERSI, 2017) introduziu uma versão inicial para os dilemas de cooperação e indução. Nesta dissertação, o foco

principal é desenvolver um modelo completo de todos os dilemas da Teoria do Drama para o jogo Natyasastra.

1.1 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação é interpretar e introduzir os dilemas da teoria do drama no jogo dramático Natyasastra, para analisar a sua influência na autorregulação de processos de trocas sociais em sistemas multiagentes.

Mais especificamente pretende-se:

1. Interpretar os dilemas da teoria do drama no contexto do jogo dramático Natyasastra, que ainda não foram incluídos em trabalhos anteriores (TRAVERSI, 2017), a saber: confiança, dissuasão, ameaça e posicionamento;
2. Definir gatilhos para todos os dilemas, de forma que possam ser ativados ou desativados durante o jogo, conforme o jogo transcorra;
3. Implementar todos os dilemas da teoria do drama, bem como os gatilhos definidos para o jogo Natyasastra;
4. Analisar a influência dos dilemas nos processos de autorregulação de processos de trocas sociais;

1.2 Organização do Texto

O referencial teórico deste trabalho, apresentado no capítulo 2, discute os principais conceitos, definições e as estruturas das Trocas Sociais; os conceitos da Teoria dos Jogos, a Teoria do Drama e suas relações com a Teoria dos Jogos; o Jogo de Autorregulação de Processos de Trocas Sociais e o jogo Natyasastra.

No capítulo 3 são apresentados os dilemas implementados no Natyasastra, bem como são definidos os gatilhos para os dilemas.

No capítulo 4 são expostos os resultados das simulações utilizando os dilemas em diferentes cenários e diferentes sociedades.

Por fim, o capítulo 5 apresenta uma revisão dos motivos para o uso dos dilemas e seus gatilhos e a análise final de sua influência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Trocas Sociais

A Teoria de trocas sociais de Piaget tem sido utilizada como a base de interações em sistemas multiagente, como as trocas de serviços em que agentes participantes geram o conceito de valores nessas interações (PIAGET, 1995). Segundo Piaget, trocas são qualquer interação entre dois agentes, em que dadas as ações de um agente X, acabe prestando serviços ao outro agente Y, gerando crédito para X e débito para Y, e em uma segunda parte tal crédito de X é cobrado e Y presta serviços a X.

2.1.1 Valores de Troca

Valores de Troca qualitativos abrangem valores econômicos como um tipo particular (quantitativo) de valores e são dados como o centro das regras sociais.

Eles devem apresentar duas condições:

Condição 1: Uma escala de valores em comum entre dois agentes, de forma a tornar possível fazer comparações entre avaliações de um agente “X” com avaliações de outro Agente “Y”.

Condição 2: Deve existir reconhecimento das posições assumidas como válidas e conservação dos valores de troca, através de um sistema de regras.

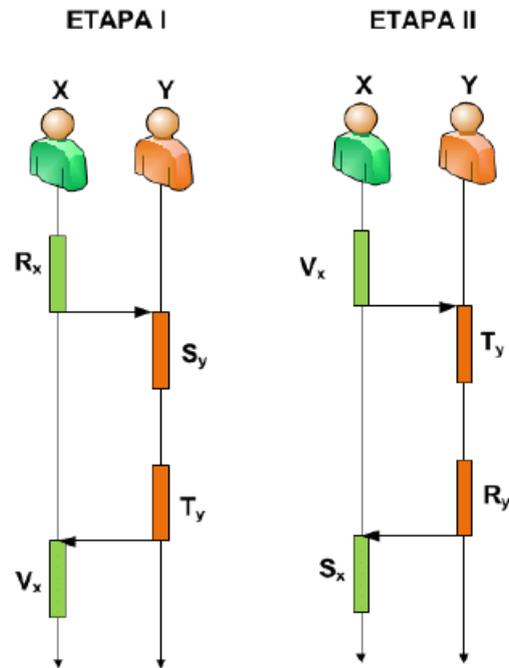
Se as duas condições forem alcançadas, pode-se dizer que o sistema se comporta como um mecanismo de regulação de interações entre indivíduos de uma sociedade, garantindo sua continuidade.

2.1.2 Estrutura das Trocas Sociais

A estrutura de Troca social entre agentes, segundo PIAGET (1995), ocorre quando pelo menos dois agentes, X e Y, efetuam dois estágios de troca. Na primeira etapa, o primeiro agente X realiza uma troca ou serviço com agente Y, assim o agente X agora possui uma crédito com Y e Y possui uma gratidão com X, con-

forme Figura 1.

Figura 1: Etapas de trocas entre dois agentes (ROJAS, 2015).



Os valores de trocas sociais gerados nesta etapa são R_x , S_y , T_y e V_x , onde:

- R_x : Valor do investimento do agente X;
- S_y : Valor de satisfação do agente Y;
- T_y : Valor do débito do agente Y;
- V_x : Valor do crédito do agente X.

Na segunda etapa, o agente X cobra o serviço que foi feito anteriormente, gerando valores parecidos com a primeira etapa.

- V_x : Valor do crédito de agente X;
- T_y : Valor do débito de agente Y;
- R_y : Valor de investimento do agente Y;
- S_x : Valor de satisfação do agente X.

2.1.3 Equilíbrio Material e Virtual

Em uma sociedade, cada troca é julgada por sua escala pessoal. Portanto, mesmo existindo uma escala de valores em comum entre todos os agentes, ainda assim alguns agentes podem cobrar mais por um serviço, enquanto outros podem cobrar um valor bem inferior.

A diferença entre o proposto e o esperado de cada agente pode ser positiva (quando se obtém lucro), negativa (com perda) ou zero (quando existe equilíbrio).

2.2 Teoria dos Jogos

Descrito inicialmente por Von Neumann e Oskar Morgentern (NEUMANN; MORGENSTERN, 1944), a Teoria dos Jogos delimita a informação compartilhada em um jogo, com seus participantes conhecendo apenas suas estratégias e desconhecendo a estratégia dos outros.

Baseado nas informações disponíveis, os agentes tomam suas decisões racionalmente, de forma a minimizar as perdas. Dessa forma, foi dado primeiro passo no desenvolvimento da teoria dos jogos envolvendo a construção de uma descrição formal e matemática do jogo.

A teoria dos jogos estuda casos em que existam conflitos de interesses, buscando indicar melhores soluções. Em determinadas condições, acaba conduzindo ao objetivo desejado. Um exemplo é quando os agentes estão dispostos a pagar por um serviço, sem conhecimento prévio dos valores esperados por outros agentes. Nesse primeiro caso, no primeiro ciclo, as trocas acabam seguindo o jogo do Ultimato (GUTH; SCHMITTBERGER; SCHWARZE, 1982), em que o sucesso da troca pode ocorrer apenas quando um agente aceita a troca e o outro agente presta tal serviço, mas sem saber previamente se o outro agente está disposto a realizá-la. Com o passar dos ciclos, o jogo se torna sequencial, com agentes tendo conhecimento prévio das ações dos outros agentes e adaptando sua estratégia conforme o ambiente.

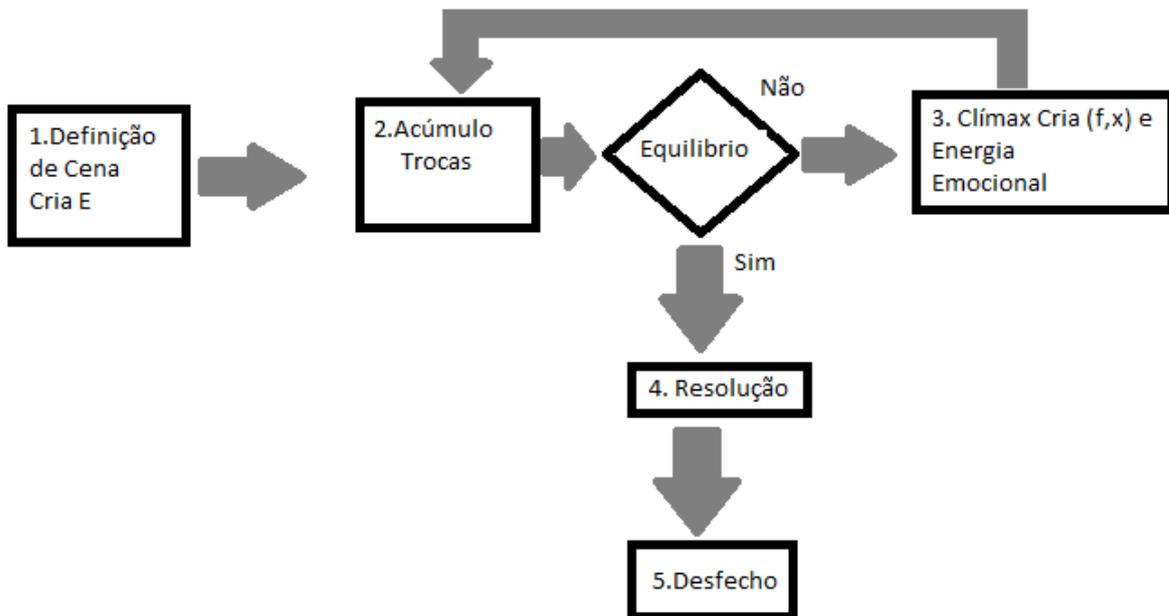
2.3 Teoria do Drama

Criada como uma extensão da Teoria dos jogos por HOWARD (1994a,b), onde as opções e preferências dos jogadores podem mudar por influência das negociações do pré-jogo. Ao contrário da teoria dos jogos, em que jogadores tentam prever o resultado de um jogo contra jogadores “racionais”, a teoria do drama permite que os jogadores conversem entre si antes do jogo, construindo um jogo para si e também o resultado que esperam dele, sem a necessidade de prever o resultado.

2.3.1 Resolução Dramática

HOWARD (1994a,b) propôs cinco fases para efetuar sua resolução dramática: definição de cena, acúmulo, clímax, resolução e desfecho. Na Figura 2 é mostrada a ligação entre cada uma dessas fases.

Figura 2: Fases da Resolução Dramática, adaptado de (HOWARD, 1994a)



Definição de Cena: é criado o ambiente fechado E , onde os agentes podem interagir com intuito de decidir suas estratégias. Nenhuma nova informação deve vir de fora da cena, embora agentes possam criar novas informações de forma criativa ou entre si.

Caso novas informações de fora da cena sejam inseridas, significa que o episódio foi interrompido.

Acúmulo: nessa fase ocorre a seleção ou re-seleção um frame $F = (Q, P)$ da classe E . Cada personagem i toma uma posição P_i . Assim uma partição A é criada. Cada elemento de A é um subconjunto não vazio de personagens que tomam a mesma posição.

Os personagens de C do novo frame F tomam ou retomam posições P_i e aspirações de um futuro comum onde, sabendo a posição dos outros personagens é possível formar grupos que compartilham uma posição em comum. Resultando, ao final dessa fase, um frame $F = (Q, P)$ e um grupo de posições $P = (P_i | i \in C)$.

Clímax: caso todos os personagens tenham a mesma posição, ocorre um equilíbrio e a fase 3 é ignorada, seguindo para fase 4. Entretanto, caso não seja

alcançado um equilíbrio, a fase 3 ocorre.

Nessa fase, cada grupo instala-se em um ponto fixo x , que pertence a todas as suas políticas. No x ocorre um confronto e seus paradoxos causam emoção. Os personagens podem tomar novas políticas ou um novo ponto x , mudando sua natureza sem mudar seus paradoxos que enfrentam ou retornar para a fase 2, onde novamente suas preferências P podem mudar, assim mudando seu conceito ao ponto x , tentando resolver seus paradoxos para finalmente poder avançar para fase 4.

Resolução: quando o equilíbrio é alcançado, tanto na fase 2, quanto com a ação da fase 3, o jogo se move para fase 4.

Nesta parte não existe liberação emocional, e simplesmente desacordos escondidos são revelados, muitas vezes mostrando que o equilíbrio não foi realmente alcançado na fase 2.

Desfecho: finalmente, nesta fase o ambiente fechado é aberto, novas informações de fora do grupo podem ser inseridas. Isso ocorre pela preocupação com um novo plano.

2.4 JAPTS

MACEDO (2013); MACEDO et al. (2014) introduziram o Jogo de Autorregulação de Processos de Trocas Sociais (JAPTS), onde agentes possuem diferentes estratégias de trocas sociais e podem evoluir suas estratégias ao longo do tempo, com intuito de criar interações mais equilibradas e justas, visando o aumento de trocas de sucesso.

O JAPTS é considerado um jogo de informação incompleta, já que os agentes não possuem informações sobre as estratégias de outros agentes, possuindo estratégias diferentes e considerando tanto os aspectos de curto e longo prazo da interação. Evoluem suas estratégias de forma a maximizar sua taxa de sucesso dada pela função *fitness*, a qual avalia o ganho individual do agente.

Definindo estratégias de trocas sociais iniciais (por exemplo, egoísmo e altruísmo), agentes possuem a habilidade de evoluir suas estratégias a partir de um vetor de evolução. Tal vetor possui um número de posições igual ao número de possibilidades de evoluções possíveis contidas no Vetor de Ajuste. Inicialmente, cada possível evolução possui uma chance igual de ser escolhida aleatoriamente, mas conforme são passados os ciclos, as chances de cada opção irão variar.

2.4.1 Estratégias de Trocas Sociais

As estratégias iniciais de troca definidas em trabalhos anteriores (DIMURO; COSTA, 2006) (DIMURO; COSTA, 2005) influenciam na valorização e desvalorização de créditos e débitos gerados em trocas. Efetivamente, um agente pode superestimar seus créditos ou débitos, enquanto outro pode subestimar os seus créditos ou débitos, dependendo da estratégia escolhida. As cinco estratégias são:

- Agentes Altruístas: preferem fazer trocas onde outros agentes sejam favorecidos. Inicialmente, com grandes valores de investimento máximo e baixos valores de satisfação mínima aceitável. Valorizam seu débito quando recebem investimento e desvalorizam seu crédito quando realizam um investimento.
- Agentes Altruístas Fracos: são semelhantes a agentes altruístas, entretanto possuem valores de investimento um pouco menores e possuem valores de satisfação um pouco mais elevados. Tais valores podem mudar com tempo, ainda valorizam seu débito e desvalorizam crédito mas em uma escala menor que um altruísta.
- Agentes Egoístas: representam agentes que possuem uma probabilidade baixa de aceitar trocas em que ocorra redução em seus ganhos materiais, mesmo que o resultado seja favorável. Inicialmente, possuem baixos valores de investimento máximo e altos valores de satisfação mínima aceitável, podendo mudar com o tempo. Costumam valorizar seu crédito quando realizam um investimento, enquanto desvalorizam seu débito quando o recebem.
- Agentes Egoístas Fracos: são semelhantes a agentes Egoístas, mas possuem valores de investimento um pouco acima dos agentes egoístas. O valor de sua satisfação mínima também é abaixo dos agentes egoístas. Esses valores podem mudar com o tempo. Ainda desvalorizam o seu débito e valorizam seu crédito mas não tanto quanto egoístas .
- Agentes Racionais: têm como base a razão, portanto possuem um baixo valor de investimento inicial e satisfação mínima aceitável. Dessa forma, quando um agente racional faz um investimento, investe pouco procurando trocas que gerem lucro, e aceita propostas de investimentos baixos para que ocorram trocas de sucesso.

As estratégias são definidas pelos seguintes intervalos mostrados na Tabela 1, onde r^{max} é o investimento máximo que o agente pode fazer; S^{min} é a satisfação mínima que o agente aceita; a é o grau de tolerância quando seu ganho é inferior que dos agentes vizinhos(inveja); b é o valor de culpa quando seu ganho é mais elevado que o valor de seus vizinhos; k^t representa o grau de valorização e desvalorização do

valor virtual do débito k^v representa o grau de valorização e desvalorização do valor virtual do crédito.

Tabela 1: Definição das estratégias.

estratégias	r^{max}	s^{min}	a	b	k^t	k^v
altruísta	0.8	0.2	0.9	0.1	0.2	0.2
altruísta fraco	0.6	0.4	0.7	0.3	0.1	0.1
egoísta	0.2	0.8	0.1	0.9	0.2	0.2
egoísta fraco	0.4	0.6	0.3	0.7	0.1	0.1
racional	r_{rac}^{max}	s_{rac}^{max}	0	0	0	0

O vetor de ajustes possui 27 possibilidades de evolução, como apresentado na Tabela 2, onde:

- r_i representa o valor de investimento do agente i ;
- r_i^{max} representa o valor max de investimento do agente i ;
- r_i^{min} representa o valor mínimo de satisfação do agente i .

Tabela 2: Vetor de Ajuste e de Possibilidades

	r_i	r_i^{max}	s_i^{min}		r_i	r_i^{max}	s_i^{min}		r_i	r_i^{max}	s_i^{min}
p_i^0	↑	↑	↑	p_i^9	=	↑	↑	p_i^{18}	↓	↑	↑
p_i^1	↑	↑	=	p_i^{10}	=	↑	=	p_i^{19}	↓	↑	=
p_i^2	↑	↑	↓	p_i^{11}	=	↑	↓	p_i^{20}	↓	↑	↓
p_i^3	↑	=	↑	p_i^{12}	=	=	↑	p_i^{21}	↓	=	↑
p_i^4	↑	=	=	p_i^{13}	=	=	=	p_i^{22}	↓	=	=
p_i^5	↑	=	↓	p_i^{14}	=	=	↓	p_i^{23}	↓	=	↓
p_i^6	↑	↓	↑	p_i^{15}	=	↓	↑	p_i^{24}	↓	↓	↑
p_i^7	↑	↓	=	p_i^{16}	=	↓	=	p_i^{25}	↓	↓	=
p_i^8	↑	↓	↓	p_i^{17}	=	↓	↓	p_i^{26}	↓	↓	↓

Quando uma de suas opções é escolhida, ocorre uma evolução nos valores do agente i conforme a Tabela 2, elevando seus valores em 30% do valor atual para setas para cima, reduzindo esse valor em 30% do atual quando existe uma seta para baixo e mantendo igual quando existe um sinal de igual.

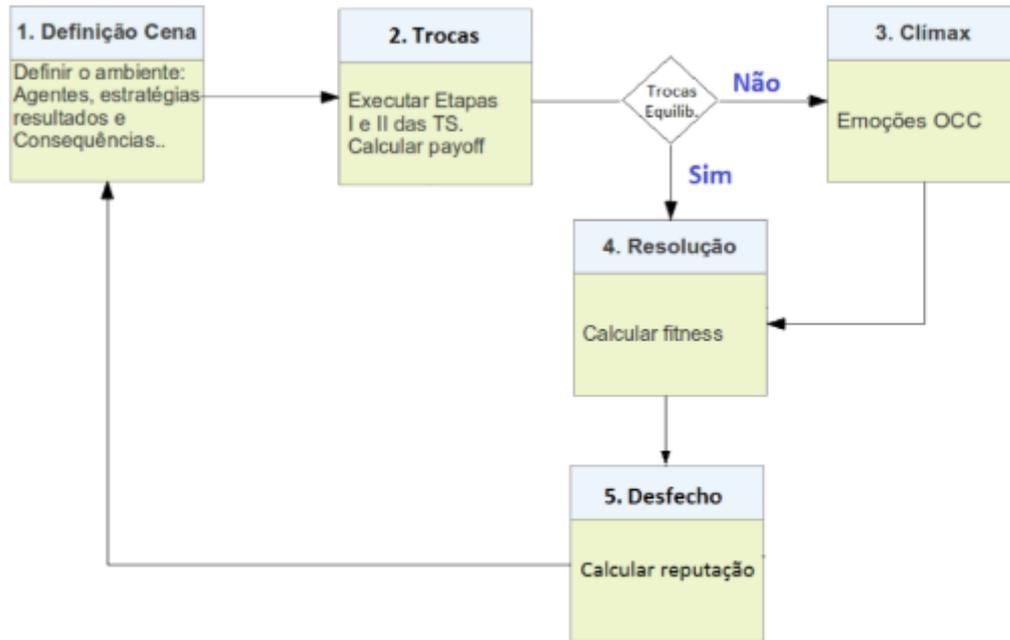
A escolha é feita sorteando uma posição aleatória em um segundo vetor com 27 posições que possui o valor 0,037037 em cada posição representando sua chance de ser escolhido.

Conforme os ciclos vão passando, a chance de escolher uma opção pode aumentar, reduzindo a chance das outras proporcionalmente, mantendo a soma total de chances em 1.

2.5 Natyasastra

Criado por WOTTER (2016) como uma extensão do JAPTS, adicionando a ele a Teoria do Drama. Baseado no modelo de resolução dramática, o modelo do Natyasastra é apresentado na Figura 3, e utiliza as 5 fases da resolução dramática da teoria do drama, utilizando conceitos da teoria do drama aplicados ao JAPTS.

Figura 3: Resolução Dramática no Natyasastra (WOTTER, 2016)



2.5.1 Fase 1: Definição de cena

Nessa fase são definidos os agentes conforme sua estratégias, podendo ser altruístas, altruístas fracos, egoístas, egoístas fracos e racionais.

Tais grupos são definidos por seu grau de: investimento máximo r_{max} , investimento proposto r_{prop} , investimento efetivo r_{efet} e satisfação s_{min} , seguindo a Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros das estratégias de troca sociais

Estratégia	r_{max}	r_{prop}	r_{efet}	s_{min}	s_{esp}	a	b	c	d	$k^{\rho t}$	$k^{\rho v}$
Altruísmo	1	[0.75; 1]	[0.75; 1]	0.51	[0.51;0.61]	0.8	0.8	0.2	0.2	$0.2, \rho = o$	$0.2, \rho = d$
Altruísmo Fraco	0.8	[0.68; 0.75]	[0.68;0.79]	0.6	[0.62; 0.75]	0.6	0.6	0.4	0.4	$0.1, \rho = o$	$0.1, \rho = d$
Egoísmo	0.6	[0.5; 0.55]	[0.4;0.55]	0.8	[0.85; 1]	0.2	0.2	0.8	0.8	$0.2, \rho = d$	$0.2, \rho = o$
Egoísmo Fraco	0.7	[0.55;0.67]	[0.55;0.69]	0.7	[0.75; 0.85]	0.3	0.3	0.7	0.7	$0.1, \rho = d$	$0.1, \rho = o$
Racionalidade	0.5	[0; 0.5]	[0; 0.5]	0.5	[0; 0.5]	0	0	0	0	0	0

Nessa fase também é organizado o mundo de forma que todos os agentes possuem contato com todos agentes, em uma rede *Small World*.

Seus vetores de evolução são criados assim como seus vetores de probabilidades.

2.5.2 Fase 2: Trocas

Chamado de Acúmulo na teoria do drama. Nesta fase, um frame $F = (Q, P)$ é selecionado, sendo Q um conjunto de resultados de cada agente e $P = (P_i | i \in C)$, uma família de relações de preferência, uma para cada agente i que pertence ao elenco C .

Nesse jogo, é possível dizer que qualquer que seja a tupla de agentes x e y , ela pertence a P_i , $(x, y) \in P_i$.

Após ter o frame selecionado, são feitas as etapas 1 e 2 das trocas sociais, anteriormente explicadas. As trocas sociais são definidas pela seguinte tupla:

$$(r_{max}, r_{prop}, r_{efet}, s_{min}, s_{esp}, k_{pt}, k_{pv})$$

Onde:

- o valor de investimento máximo r_{max} que será oferecido a outro agente e satisfação mínima s_{min} esperada pelos serviços recebidos estão no intervalo $[0;1]$;
- r_{prop} e s_{esp} representam, respectivamente, o investimento proposto e satisfação esperada que se encontram também no intervalo $[0;1]$;
- r_{efet} representa o valor de investimento que o agente fará;
- k^{pt} e k^{pv} representam os fatores de depreciação e supervalorização de débito e crédito que caracterizam cada estratégia de troca.

A satisfação efetiva é calculada a partir da seguinte condição:

$$\begin{aligned} \text{Se } (r_{ji}^{efet}) &\geq (r_{ji}^{prop}) \\ \text{então } s_{ij}^{efet} &= \min(r_{ji}^{prop} + 0.05; 1), \\ \text{senão } s_{ij}^{efet} &= \max(r_{ji}^{prop} - 0.05; 0) \end{aligned}$$

Seguindo essa condição, caso o investimento efetivo seja maior ou igual ao investimento proposto, o investimento proposto é somado ao valor 0.05.

Então é escolhido o menor valor entre essa soma e 1, para obter a satisfação efetiva do agente i em relação ao prestador de serviços j .

Caso contrário, é subtraído 0.05 do valor proposto, e é escolhido o maior valor entre 0 e esse resultado, a fim de se obter a satisfação efetiva do serviço prestado por j a i .

O *Payoff* suposto (*payoffSup*) e *Payoff* Efetivo (*payoffEfet*) são calculados após as etapas 1 e 2 das trocas sociais serem feitas, utilizando as seguintes tuplas e estratégias:

$$(r_i^{max}, r_{ij}^{prop}, r_{ij}^{efet}, s_i^{min}, s_i^{esp}, k_i^{pt}, k_i^{pv}) \text{ e } (r_{ji}^{max}, r_{ji}^{prop}, r_{ji}^{efet}, s_j^{min}, s_j^{esp}, k_j^{pt}, k_j^{pv})$$

Para o cálculo do *Payoff* suposto é utilizada a equação apresentada na Figura 4, tendo os valores de p_{sup} no intervalo $[0;1]$.

Figura 4: Payoff Suposto

$$p_{ij}^{sup} = \begin{cases} \frac{1 - r_{ij}^{prop} + s_{ij}^{esp}}{2}, & \text{se}(r_{ij}^{prop} \leq r_i^{max} \wedge s_{ji}^{esp} \geq s_j^{min}) \wedge (r_{ji}^{prop} \leq r_j^{max} \wedge s_{ij}^{esp} \geq s_i^{min}) \\ \frac{1 - r_{ij}^{prop}}{2}, & \text{se}(r_{ij}^{prop} \leq r_i^{max} \wedge s_{ji}^{esp} \geq s_j^{min}) \wedge (r_{ji}^{prop} > r_j^{max} \vee s_{ij}^{esp} < s_i^{min}) \\ 0, & \text{se}(r_{ij}^{prop} > r_i^{max} \vee s_{ji}^{esp} < s_j^{min}) \wedge (r_{ji}^{prop} > r_j^{max} \vee s_{ij}^{esp} < s_i^{min}) \end{cases}$$

Já para o cálculo do Payoff efetivo é usada a equação presente na Figura 5, respeitando o intervalo $[0;1]$ para p_{efet} .

Figura 5: Payoff Efetivo

$$p_{ij}^{efet} = \begin{cases} \frac{1 - r_{ij}^{efet} + s_{ij}^{efet}}{2}, & \text{se}(r_{ij}^{efet} \leq r_i^{max} \wedge s_{ji}^{efet} \geq s_j^{min}) \wedge (r_{ji}^{efet} \leq r_j^{max} \wedge s_{ij}^{efet} \geq s_i^{min}) \\ \frac{1 - r_{ij}^{efet}}{2}, & \text{se}(r_{ij}^{efet} \leq r_i^{max} \wedge s_{ji}^{efet} \geq s_j^{min}) \wedge (r_{ji}^{efet} > r_j^{max} \vee s_{ij}^{efet} < s_i^{min}) \\ 0, & \text{se}(r_{ij}^{efet} > r_i^{max} \vee s_{ji}^{efet} < s_j^{min}) \wedge (r_{ji}^{efet} > r_j^{max} \vee s_{ij}^{efet} < s_i^{min}) \end{cases}$$

Considerando o ambiente fechado criado na definição de cena e que todos agentes possuem ligações únicas uns com os outros, a cada ciclo, cada agente interage com todos os outros agentes, menos com ele mesmo.

Então, cada agente i avalia seus resultados após as trocas com cada agente vizinho j , utilizando as equações de *Payoff* efetivo e *Payoff* suposto. Após, é calculado o *Payoff* efetivo (equação 2) e *textit*Payoff suposto (equação 1) de cada agente, realizando um somatório dos *payoffs* de cada troca individual.

$$X^{sup} = x_1^{sup}, \dots, x_m^{sup}, \text{ where } x_i^{sup} = \sum_{j \in C, j \neq i} p_{ij}^{sup} \quad (1)$$

$$X^{efet} = x_1^{efet}, \dots, x_m^{efet}, \text{ where } x_i^{efet} = \sum_{j \in C, j \neq i} p_{ij}^{efet} \quad (2)$$

Após o cálculo do *Payoff* efetivo das trocas, é feita a análise do equilíbrio das mesmas.

Idealmente uma troca é considerada equilibrada quando a divergência entre os *Payoff* de todas as trocas é nula. Entretanto, na prática, dificilmente ocorre uma divergência nula, se mantendo próxima a zero, a divergência entre *Payoff* é calculada com a equação 3.

$$D_i = \frac{1}{(m-1)} \sum_{\substack{j=[1..m] \\ i \neq j}} |x_i - x_j| \leq \alpha \quad (3)$$

Onde:

- m sendo o número total de agentes;
- α o fator de divergência que é aceitável à simulação dado ao programa.

Seguindo essa equação, quando o fator de divergência é maior ou igual a D_i a troca é dada como equilibrada.

2.5.3 Fase 3: Clímax

Caso as trocas na fase 2 sejam consideradas equilibradas, a 3 fase é ignorada seguindo para fase 4 onde as emoções terão um peso nulo no cálculo do *fitness*. Mas, devido a números baixos de divergência ou grandes populações, normalmente essa fase é o próximo passo, ocorrendo apenas uma vez, trazendo equilíbrio ou não nas trocas, mas criando emoções que vão ser utilizadas em um novo *fitness* na fase 4.

Considerando as quatro emoções do modelo OCC (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990): gratificação, gratidão, remorso e raiva, representados por a, b, c e d respectivamente.

- Gratificação (a)

$$F_i(X^{efet}) = x_i^{efet} + \frac{a_i}{(m-1)} \sum_{j \neq i} \max(x_j^{efet} - x_j^{sup}, 0)$$

onde X_i^{efet} é a alocação do *Payoff* efetivo total do agente i .

Gratificação é gerada pelo agente i que propôs uma troca com j , obtida quando o *Payoff* efetivo do agente que recebeu serviço j é maior que o *Payoff* suposto que ele imaginava ganhar, ou seja, quando agente i cumpre acima do que era esperado por j ele se sente gratificado, isso também gera uma gratidão de j para i .

- Gratidão (b)

$$F_i(X^{efet}) = x_i^{efet} + b_i \max(x_i^{efet} - x_i^{sup}, 0)$$

Onde X_i^{efet} é a alocação do *Payoff* efetivo total do agente i .

Gratidão é gerada quando um prestador de serviços j cumpre acima do esperado por i , ou seja o X_j^{efet} de j é superior ao X_i^{sup} , essa ação também gera gratificação em j .

- Remorso (c)

$$F_i(X^{efet}) = x_i^{efet} - \frac{c_i}{(m-1)} \sum_{j \neq i} \max(x_j^{sup} - x_j^{efet}, 0)$$

Onde X_i^{efet} é a alocação do *Payoff* efetivo total do agente i .

Remorso é um sentimento negativo, quando em uma troca ou prestação de serviços que o agente i propôs, e este acaba cumprindo menos do que era esperado. X_j^{efet} é menor que o X_j^{sup} , esse sentimento gera raiva para j .

- Raiva (d)

$$F_i(X^{efet}) = x_i^{efet} - d_i \max(x_i^{sup} - x_i^{efet}, 0)$$

Onde X_i^{efet} é a alocação do payoff efetivo total do agente i .

O sentimento de raiva é gerado quando o *Payoff* suposto do agente que recebe o serviço é superior ao *Payoff* efetivo. Basicamente, quando j cumpre menos do que foi esperado para i é gerada raiva em i , enquanto é gerado remorso em j .

O equilíbrio será alcançado quando emoções antagônicas (raiva/gratidão e gratificação/remorso) se anularem.

2.5.4 Fase 4: Resolução

Depois de passar pelas etapas 1 e 2 do processo de trocas sociais, tendo equilíbrio o jogo avança para a resolução. Caso ocorra uma falta de equilíbrio serão incluídas as emoções da fase 3 nesta fase.

Nessa fase é calculado o seu grau de adaptação através do *fitness* normal utilizando o *Payoff* efetivo obtido na fase 2, caso exista equilíbrio.

Fitness pertence ao intervalo $[0;1]$:

$$F_i(X^{efet}) = x_i^{efet}$$

onde X^{efet} é a alocação do *payoff* efetivo total do agente i .

Caso tenha sido usada a fase 3, a equação muda para poder utilizar as emoções e determinar um *fitness* com emoções determinado pela equação na Figura 6.

Figura 6: Fitness com Emoções

$$F_i(X^{efet}) = x_i + \frac{a_i}{(m-1)} \sum_{j \neq i} \max(x_j^{efet} - x_j^{sup}, 0) + b_i \max(x_i^{efet} - x_i^{sup}, 0) - \frac{c_i}{(m-1)} \sum_{j \neq i} \max(x_j^{sup} - x_j^{efet}, 0) - d_i \max(x_i^{sup} - x_i^{efet}, 0)$$

2.5.5 Fase 5: Desfecho

Após ter seu *fitness* calculado na fase 4, a reputação de todos agentes é calculada na fase 5, utilizando modelo de reputação proposto por (RODRIGUES; DIMURO;

ADAMATTI, 2017), que considera apenas a dimensão individual.

Nessa fase, os *Payoff* efetivos são armazenados em uma lista de tamanho v . O cálculo da reputação é dado pela equação 4.

$$Rep = \frac{\sum_{j \in C, j \neq i} p_{ij}^{efet}}{size(v)} \quad (4)$$

Após ser calculada a reputação, o jogo retorna para o início na fase 1, onde pode ser redefinido o ambiente a partir de novas estratégias. Baseado na reputação calculada, agentes podem escolher novos parceiros para realizar trocas sociais, iniciando um novo ciclo do jogo.

Antes de iniciar um novo ciclo é calculado um novo *fitness*, baseado no *fitness* atual F , reputação Rep e um valor de ajuste de porcentagem β , conforme a equação 5.

$$F' = F - / + (Rep.\beta) \quad (5)$$

Se a reputação do agente for superior à média total dos *Payoffs*, o agente está acima da média e sua reputação é adicionada ao *fitness*. Caso a reputação esteja abaixo da média do *Payoff* geral, sua reputação é subtraída de seu *fitness*.

Com base no seu *fitness* atual e seu *fitness* anterior, agentes ajustam suas estratégias de jogo no vetor de ajuste aumentando, diminuindo ou mantendo constante seus valores de investimento máximo, investimento que pretende realizar e satisfação mínima.

Tal processo é repetido pelo menos uma vez a cada ciclo, criando a evolução das estratégias.

2.5.6 Evolução das Estratégias

Ao final do ciclo, após passar por todas fases anteriores, de 1 a 5, e seu grau de adaptação ter sido calculado, o agente compara seu *fitness* atual com seu *fitness* anterior.

Caso exista uma melhoria no seu valor, significa que tal evolução de estratégia é melhor, e sua probabilidade de ser escolhida novamente é aumentada no vetor de probabilidades, enquanto a chance das outras escolhas é reduzida de modo a manter a soma total de probabilidades igual a 1. Caso ocorra um valor inferior ao *fitness* anterior, tal estratégia é vista como imprópria e sua probabilidade de ser escolhida novamente é reduzida, enquanto a probabilidade das outras opções é aumentada, seguindo a regra que a soma das probabilidades total é igual a 1.

Feito o ajuste no vetor de probabilidade, é escolhida uma opção aleatória no

vetor de probabilidades, sendo que certas escolhas possuem uma chance maior de serem escolhidas, enquanto outras possuem uma chance menor.

O vetor de probabilidade possui 243 posições inicialmente com valor de 0,00411522 em cada posição (esse valor foi obtido ao dividir 1 por 243 e representa a chance de uma possibilidade ser escolhida inicialmente). Tal valor pode ser aumentado ou reduzido dependendo do ajuste realizado por tal agente dependendo de seu *fitness* atual com *fitness* anterior, quando o valor é aumentado por um *fitness* melhor que o passado, tal valor recebe um incremento de 30% baseado no seu valor atual.

O valor desse acréscimo é dividido por todas posições não nulas restantes. Por fim, esse valor resultante é reduzido de todos os outros agentes mantendo a soma de probabilidades igual a 1.

Caso seja necessária a redução de tal valor em 30%, as outras probabilidades receberão um acréscimo igual a esse valor dividido pelas 242 posições, de forma a manter a soma de todas possibilidades em 1. Então é feita a escolha da probabilidade a ser escolhida sorteando um valor no intervalo $[0;1]$. Após, são somados os valores de cada posição a partir da primeira, buscando encontrar o intervalo em que o valor total somado em ordem crescente, a partir da primeira posição, é menor que o valor sorteado e o valor total somado mais o valor da posição atual é igual ou maior ao valor sorteado. Assim tal posição será a evolução a ser escolhida.

Com a evolução escolhida, tal valor é armazenado para seu ajuste no próximo ciclo, junto com o *fitness* atual. Tendo a evolução escolhida, é consultada tal posição no vetor de ajuste que possui todas as probabilidades de evolução para os agentes, e é feita a mudança nos valores do agente.

3 MODELO DE RESOLUÇÃO DRAMÁTICA BASEADA EM DILEMAS

Segundo AZAR; KHOSRAVANI; JALALI (2014) quando ocorre o confronto (mudanças no jogo conforme as pressões internas), os jogadores enfrentam os dilemas a seguir:

- Dilema de confiança:

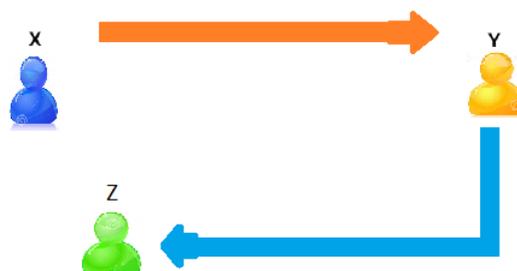
O dilema de confiança ocorre quando o agente Y enfrenta a dúvida entre manter antigas relações ou substituí-las por novas relações.

Tal dilema ocorre na seguinte situação: Agente Y possui uma oportunidade de melhorar sua situação, deixando de cooperar com agente X e começando a cooperar com Z. Tal ação irá prejudicar X, porque o agente Y não irá manter seus compromissos com X. Se X pretende se manter comprometido com Y, mesmo com o risco de ser traído, o agente X acaba enfrentando o dilema da confiança, como é mostrado na Figura 7 e 16.

Figura 7: Dilema da Confiança - Etapa 1.



Figura 8: Dilema da Confiança - Etapa 2.



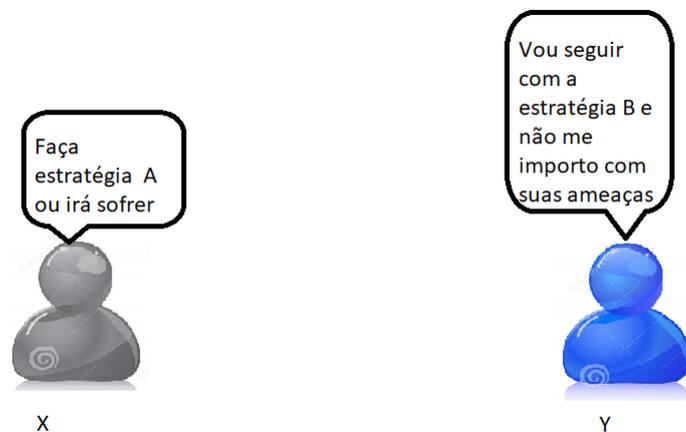
- Dilema de dissuasão:

O agente fica em dúvida entre ceder a ameaça ou resistir a ela.

Tal dilema ocorre quando um agente X não pode diretamente influenciar Y, mas precisa que o agente Y aceite sua opinião. Então, X tem duas opções: escolher aceitar a proposta de Y ou reforçar suas ameaças para tornar a situação muito pior para Y, de forma que Y não possa ignorar a ameaça do X.

Com isso, Y pode aceitar a proposta de X ou seguir negando ela, destruindo, por consequência, todos pontos em comum entre os dois e trazendo hostilidade entre eles, como mostra Figura 9.

Figura 9: Dilema da Dissuasão.



- Dilema de Ameaça:

O dilema de Ameaça ocorre quando um agente X pode obter melhorias, ameaçando prejudicar o futuro de outro agente, caso o agente X necessite mudar o posicionamento de Y para ganhar uma vantagem. Nesse caso, ele pode ameaçar Y para tentar mudar seu posicionamento. Caso Y detecte um futuro prejudicial e desista de seu posicionamento, A receberia um ganho na troca. Entretanto, se Y perceber o blefe de X, ele pode decidir resistir a ele, como apresentam as Figuras 10, 11 e 12.

Figura 10: Dilema da Ameaça - Etapa 1.



Figura 11: Dilema da Ameaça - Etapa 2.

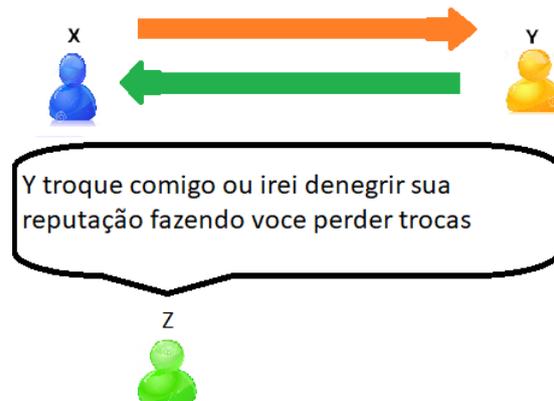
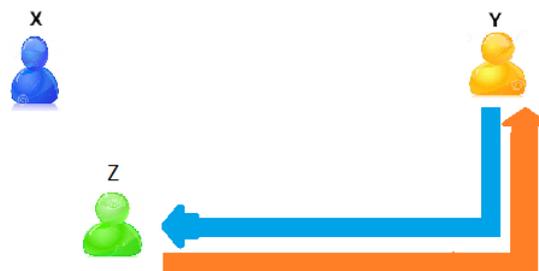


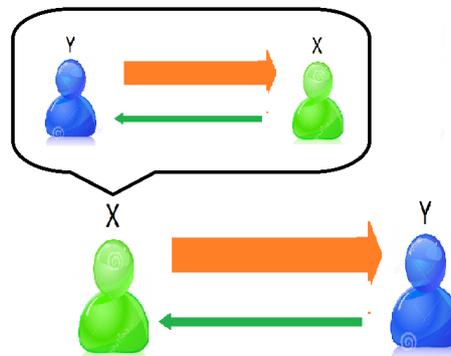
Figura 12: Dilema da Ameaça - Etapa 3.



- Dilema de posicionamento:

Em certos casos, o agente X pode acabar preferindo o posicionamento de Y que o dele, mesmo durante as negociações. Tal dilema pode ocorrer caso o agente X mude suas preferências durante a troca ou não queira a situação pior para si mesmo, como mostrado na Figura 13.

Figura 13: Dilema da Posicionamento.

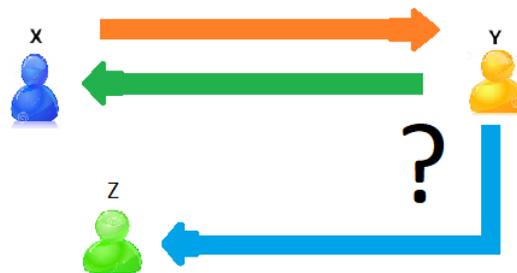


- Dilema de cooperação:

Dilema de cooperação é um dos dilemas mais comuns entre trocas de dois agentes.

Tal dilema ocorre quando um agente X coopera com trocas com agente Y, sem saber do posicionamento de Y. O dilema ocorre porque X está constantemente duvidando da cooperação de Y, podendo a qualquer momento Y trocar suas preferências, como apresentam as Figuras 3.

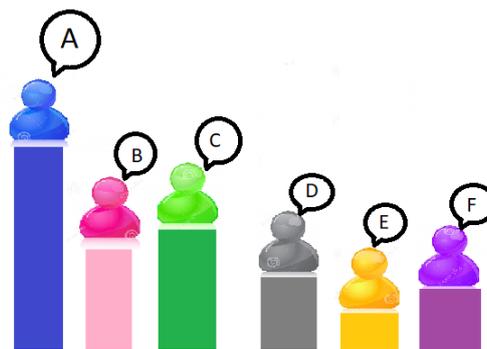
Figura 14: Dilema da Cooperação.



- Dilema de Indução:

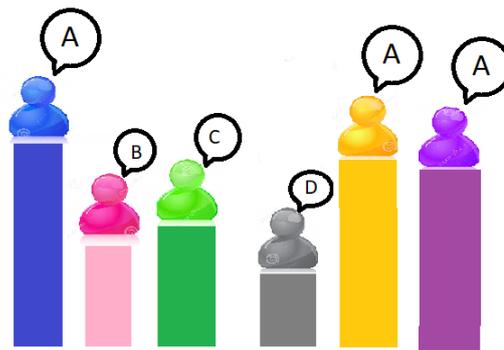
Dilema de Indução ocorre quando membros da comunidade X possuem uma posição e comportamento tão bons que acabam ameaçando membros da sociedade Y, que se tornam incapazes de competir nas trocas por recursos como mostra a Figura 16. Membros do grupo Y acabam aceitando atitudes do grupo X e tentam incorporá-las ao seu grupo como é mostrado nas Figuras ?? e ??.

Figura 15: Dilema da Indução - Etapa 1.



Barras representam o sucesso de cada uma das escolhas de estratégias.

Figura 16: Dilema da Indução - Etapa 2

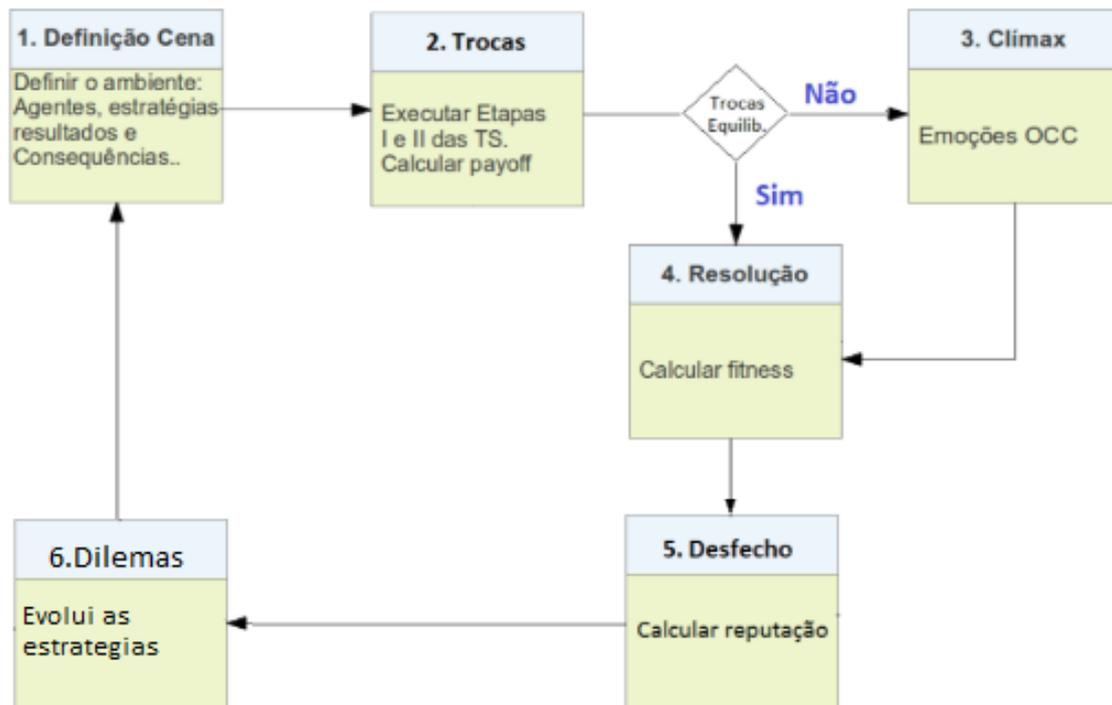


Barras representam o sucesso de cada uma das escolhas de estratégias.

3.1 Dilemas em Natyasastra

O trabalho de TRAVERSI (2017) incluiu a ideia de dilemas ao jogo Natyasastra. Como os dilemas ocorrem quando agentes se tornam familiarizados com suas posições no confronto, ou seja, ao final da fase 5, e antes de retornar a fase 1, como é apresentado na Figura 17.

Figura 17: Modelo de resolução dramática com dilemas (TRAVERSI, 2017)



A ferramenta escolhida para implementação e testes das simulações propostas foi o Netlogo ¹. No trabalho realizado em (TRAVERSI, 2017) foram feitas simula-

¹<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

ções de trocas sociais em uma sociedade com estratégias e tendências previamente definidas. Tais estratégias possuíam a possibilidade de evoluir conforme a simulação é executada.

A evolução dos agentes ocorre tanto quando é feita a checagem do *fitness*, como também pode ser reutilizada, no dilema de cooperação ou influenciada para próximos ciclos no dilema de Indução. Nessas simulações, os dilemas estavam ativados constantemente, quando selecionados, por toda simulação. A ideia foi analisar como uma sociedade enfrentando fortemente os dilemas de cooperação e indução iria se comportar.

No Algoritmo 1 (pseudo-código) está exposta a linha de procedimentos utilizada no código do Natyasastra com os dois dilemas implementados.

Algoritmo 1: CÓDIGO **Go**: MANTÉM EM *loop* ATÉ O SISTEMA ESTABILIZAR
OU ACABAREM OS CICLOS DE EXECUÇÃO

Saída: Simulação

```

1 início
2   Trocas
3   Calcula Payoff
4   Calcula Fitness
5   Calcula Divergência
6   if divergência > valor esperado
7     Calcula Fitness-com-emoção
8   Calcula média-de-fitness
9   Calcula Média-Payoff
10  Atualiza reputação-dos-agentes
11  Armazena fitness-atual (para futuras comparações)
12  Seleciona Evolução
13  Evolui Agente
14  if Dilema indução = Verdadeiro
15    Dilema-Indução
16  if Dilema cooperação = Verdadeiro
17    Dilema-Cooperação
18 fim
19 retorna

```

Onde cada um dos procedimentos do laço **GO** tem as seguintes funcionalidades:

- **Trocas:** Pede para todos os Links para tentarem executar as trocas: onde inicialmente o agente A do lado esquerdo do link fará uma proposta baseada no seu *r*-proposto contra o *s*-esperado do agente B do lado esquerdo do link. Então é tentada a troca inversa, onde o agente B do lado direito tenta oferecer uma troca baseada no seu *r*-proposto contra o *s*-esperado do agente A do lado

esquerdo.

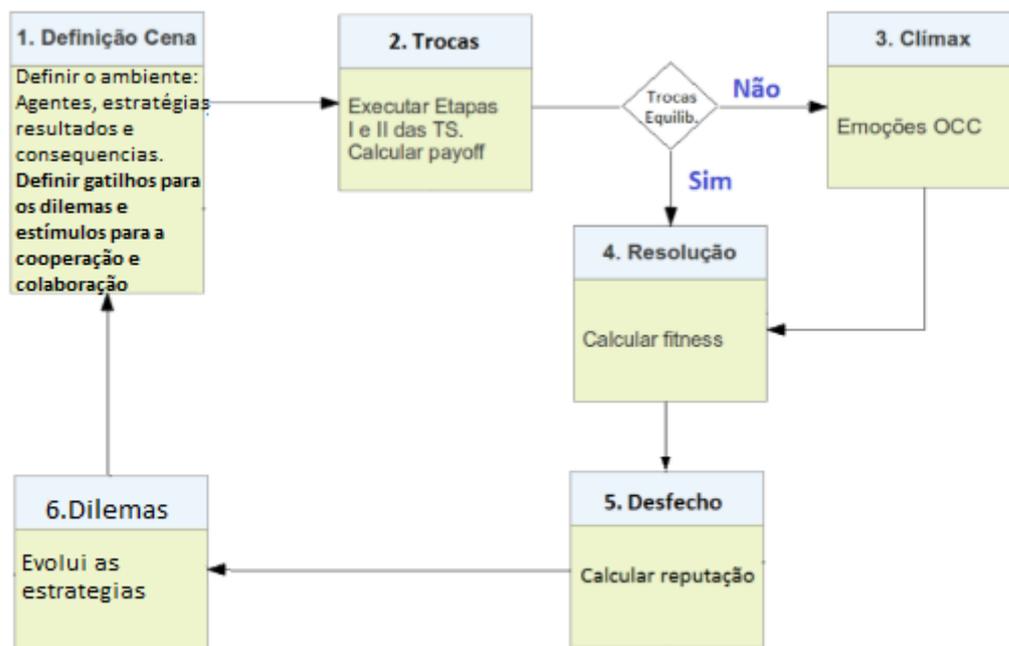
- *Payoff*: É calculado o Payoff-suposto e Payoff-efetivo dessa interação, segundo Figuras 4 e 5.
- Fitness: Cada um dos agentes calcula o seu *fitness* dependendo de sua estratégia inicial.
- Divergência: É calculado o fator divergente da sociedade de cada troca contra o esperado e caso exista divergência esse valor excedente na divergência é armazenado em um somatório.
- Fitness-com-emoção: É calculado utilizando tanto as diferenças entre o XI-efet e o XI-Sup (valores obtidos das equações 1 e 2), como valores definidos pelos grupos iniciais.
- Media-fitness: É calculada a média de *fitness* de cada uma dos grupos iniciais.
- Media-payoff: É calculada a média de payoff de cada agente.
- Reputação-dos-agentes: É atualizada a reputação dos agentes baseada no *Payoff* geral das trocas.
- Seleciona evolução: É selecionada a evolução para o agente utilizando o vetor de probabilidades: é gerado um número aleatório entre 0 a 1, e tal valor representará uma das 243 posições do vetor de probabilidade.
- Evolui Agente: Tendo a posição da matriz definida, é feita a evolução contida na posição no vetor de evoluções equivalente a posição do vetor de probabilidades.
- Dilema-Indução: Na indução são selecionados os 5 melhores agentes da sociedade e são coletadas suas estratégias escolhidas no último ciclo. Tal estratégia é compartilhada com todos agentes, aumentando a probabilidade dessa estratégia ser escolhida, da mesma forma feita na evolução das estratégias.
- Dilema-Cooperação: Na cooperação, agentes são classificados em um dos 3 grupos, dependendo se possuem pelo menos uma troca completa (grupo 1), se possuem pelo uma troca incompleta (grupo 2) ou não se possuem trocas (grupo 3).

Agentes no grupo 1 estão efetuando trocas completas e não estão em um grupo de "risco". Agentes no grupo 2 estão apenas com trocas incompletas, então devem tentar melhorar suas estratégias para não perder a colaboração dos outros e tentarão evoluir duas vezes mais nesse ciclo. Agentes no grupo

3 não possuem parceiros de trocas ou perderam os que possuíam, e devem se esforçar mais para poder trocar com outros agentes. Então, eles tentarão evoluir 3 vezes a mais nesse ciclo, para tentar se adequar a sociedade.

A Figura 19 apresenta o modelo de resolução dramática com dilemas e colaboração e cooperação.

Figura 18: Modelo de resolução dramática com dilemas e colaboração e cooperação (TRAVERSI, 2017).



As simulações, no trabalho de TRAVERSI (2017), foram realizadas em cinco cenários distintos:

- Altruístas e Altruístas Fracos;
- Egoístas e Egoístas Fracos;
- Altruístas, Altruístas Fracos e Racionais;
- Egoístas, Egoístas Fracos e Racionais;
- Com todos os cinco grupos de estratégias.

Cada cenário utilizou 30 agentes para cada estratégia utilizada. Foi utilizado 100% da reputação dos agentes, com objetivo de ser fiel às simulações originais do Natyasastra.

Devido à natureza dos dilemas de cooperação e indução e a quantidade de possibilidades de evolução ser muito grande (243 possibilidades), a estabilidade raramente foi vista, fora da estabilidade obtida quando todos os *fitness* são ou estão próximos a zero.

Em simulações com estratégias que beneficiam as trocas, como o primeiro cenário, o terceiro e o último, o dilema de indução conseguiu aumentar os ganhos nas trocas completas em quase 100%. Muitas vezes, se mostrando efetivo para a comunidade como um todo, mas levando o ganho pessoal do agente a zero muitas vezes.

O dilema de indução não foi tão efetivo em ambientes que não possuem agentes ditos "bons", como o segundo e quarto cenários.

Em simulações que possuem estratégias que inibem as trocas, o dilema de cooperação conseguiu obter uma melhora nas trocas.

Quanto pior o ambiente para as trocas, melhor é a ação do dilema de cooperação, melhorando tanto as trocas quanto o *fitness*. Entretanto, quanto mais propícia for a cena para trocas, menos o dilema de cooperação se mostra efetivo.

Dentre todos cenários, três cenários se destacaram e seus comportamentos apresentados em (TRAVERSI et al., 2018). O cenário altruísta demonstrou que os dilemas de cooperação acabam prejudicando uma sociedade propensa a trocas, mas pode se beneficiar muito pelo dilema de indução. Já em um cenário egoísta, o dilema de cooperação acaba ajudando nas trocas da sociedade, enquanto o dilema da indução não possui um efeito tão positivo, por possuir poucos exemplos ideais na sociedade.

O resultado mais surpreendente foi no cenário com todos os dilemas, em que o dilema da cooperação acabou reduzindo o número de trocas completas, mas aumentou consideravelmente as trocas incompletas e quando foi utilizado em conjunto com o dilema de indução, o ganho em trocas completas foi inferior apenas ao cenário com o dilema de indução puro.

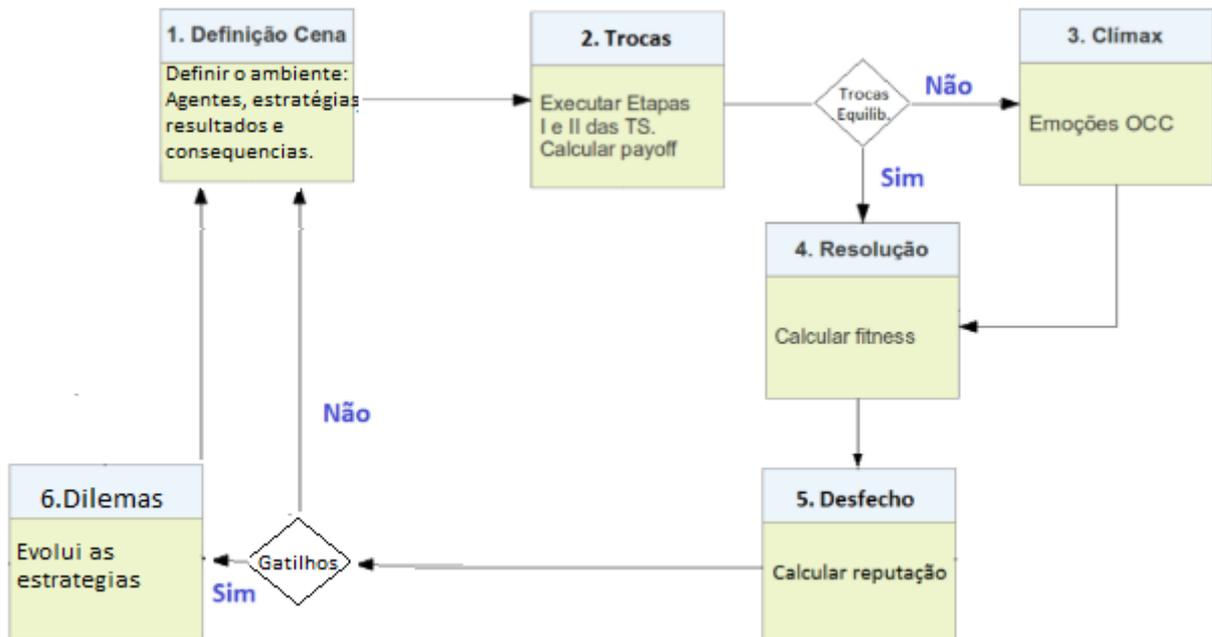
3.2 Definição de Gatilhos

No trabalho de TRAVERSI (2017), os dilemas escolhidos em Natyasastra foram o dilema da indução, devido à sua possível influência em diversos grupos com estratégias heterogêneas, podendo demonstrar o que um exemplo bom ou ruim pode influenciar em uma sociedade; e o dilema de cooperação, por ser um dos dilemas mais comuns de serem encontrados e sua importância nas trocas sociais em sociedades.

Nesse contexto, a teoria do drama propõe uma resolução das diferenças das relações humanas (individual, grupos, alianças) com negociações, e oferece modelos para o processo racional e emotivo das diferenças (WOTTER, 2016).

Contudo, o trabalho de (TRAVERSI, 2017), além de incluir apenas dois dos seis

Figura 19: Modelo de resolução dramática com dilemas e gatilhos



dilemas da teoria do drama, os incluiu de forma compulsória, ou seja, quando o dilema estava ativo, era executado (conforme mostra o Algoritmo 1).

De forma a tornar a utilização dos dilemas mais "natural" no processo de evolução dos agentes, foram definidos **gatilhos**, ou seja, condições onde os agentes pode ativar ou desativar um ou mais dilemas. Entretanto, foi necessário uma adaptação do modelo de resolução dramática para utilizar os gatilhos em conjunto com os dilemas, conforme apresenta a Figura 19.

Os gatilhos implementados utilizam as regras expostas nas definições dos dilemas, segundo AZAR; KHOSRAVANI; JALALI (2014) e os gatilhos tem por objetivo, em um modelo ideal de trocas entre agentes, estar livre de dúvidas, ou seja, que os dilemas não estejam ativos.

Para tornar o cenário mais próximo da realidade, cada um dos dilemas e seus gatilhos possuem as seguintes características:

1. Dilema de Cooperação

Gatilho: Caso o agente esteja com valor de trocas inferior a uma porcentagem definida e, ao mesmo tempo, tenha perdido trocas em relação ao ciclo passado, o dilema é acionado.

Função: Agentes são separados em grupos dependendo da sua qualidade de trocas, quanto pior o grupo maior é o reforço na evolução do agente.

Efeito: Evolução forçada tem em vista tornar os agentes nos piores grupos mais instáveis, enquanto torna os agentes nos melhores grupos mais estáveis,

não mudando sua evolução. Assim, tentando melhorar o número de trocas do agente.

2. Dilema de Confiança

Gatilho: Quando agentes efetuam trocas é adicionado um contador na troca. Caso esse valor supere um número pré-determinado, essa relação entre agentes ganha importância; caso, devido a evoluções adversas, seja perdido tal troca, o gatilho se ativa.

Função: O agente reverte seus atributos para os atributos do ciclo passado.

Efeito: Com a intenção de reverter alguma evolução que acabou ocasionando perda de trocas de uma antiga aliança, o agente pode, pelo menos, corrigir sua evolução para tentar retomar suas relações passadas.

3. Dilema de Indução,

Gatilho: Caso um agente possua um ganho de *fitness* superior a uma porcentagem pré-definida em relação a seu ciclo passado, será acionado o dilema de indução em todos os agentes restantes.

Função: O dilema de Indução influencia na probabilidade dos demais agentes de seguirem a estratégia do agente dominante no cenário.

Efeito: Caso o agente seja influenciado pelo dilema de indução, ele estará mais disposto a seguir a estratégia de outros agentes, no lugar da sua própria estratégia.

4. Dilema de Posicionamento

Gatilho: Caso o agente pertença a um grupo que não possui trocas ou apenas trocas incompletas, o dilema de posicionamento será acionado.

Função: O agente irá efetivamente escolher a evolução do membro da sociedade com melhor ganho de *fitness* do ciclo passado.

Efeito: Tal ação visa tornar a estratégia melhor sucedida do ciclo passado em sua própria estratégia, efetivamente tentando se colocar no lugar de poder nas trocas.

5. Dilema de Ameaça

Gatilho: Caso o agente esteja com um *fitness* inferior a uma porcentagem pré-definida em relação ao *fitness* médio da sociedade o dilema será acionado.

Função: O agente efetivamente piora todas as suas trocas nesse ciclo sem evoluir, piorando o *fitness* de todos os agentes que possuem trocas com eles.

Efeito: Piorando suas trocas, o agente acaba prejudicando o *fitness* de todos os agentes ameaçados, enquanto mantém os seus valores do ciclo passado. Tal estratégia tem como objetivo forçar outros agentes a evoluírem para compensar as perdas e melhorarem suas condições de troca.

6. Dilema de Dissuasão

Gatilho: Caso o *fitness* novo seja inferior ao *fitness* antigo, o dilema de dissuasão será acionado.

Função: O agente irá evoluir novamente para tentar melhorar suas trocas e ganho de *fitness* com os demais agentes.

Efeito: Caso não exista ameaça, esse dilema tenta apenas melhorar as trocas; caso exista ameaça, e ela seja insignificante perto do restante das trocas, esse dilema evita que o agente seja influenciado pela ameaça.

Seguindo o modelo da Figura 19 e os dilemas e seus gatilhos, procedimentos do código GO foram adaptados, conforme Algoritmo 2 (pseudo-código).

Algoritmo 2: CÓDIGO GO ALTERADO PARA INCLUSÃO DOS GATILHOS

Entrada:

Saída: Simulação

```

1 início
2   Trocas
3   Calcula Payoff
4   Calcula Fitness
5   Calcula Divergência
6   if divergência > valor esperado
7     Calcula Fitness-com-emoção
8   Calcula média-de-fitness
9   Calcula Média-Payoff
10  Atualiza reputação-dos-agentes
11  Armazena fitness-atual (para futuras comparações)
12  Seleciona Evolução
13  Evolui Agente
14  Verifica-ativação-gatilhos
15  Aciona-dilemas-gatilhos
16 fim
17 retorna

```

Os dois novos procedimentos são:

- Verifica-ativação-gatilhos percorre todos os agentes verificando se alguma condição de ativação dos gatilhos foi acionada. Caso algum gatilho tenha sido

acionado, é setado uma *flag* para aquele dilema no agente;

- Aciona-dilemas-gatilhos percorre todos os agentes acionando as funções dos dilemas correspondentes com as flags acionadas em cada agente.

4 SIMULAÇÕES E ANÁLISES DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta as simulações, bem como a análise dos resultados. Para as simulações foram considerados as seguintes sociedades:

- Sociedade Altruísta (Propensa a trocas);
- Sociedade Egoísta (Inibidora de trocas);
- Sociedade Heterogênea.

Em cada uma das simulações, é especificado qual sociedade participa da simulação. Todos os resultados são a média de 20 simulações para cada cenário.

Os experimentos estão divididos em cinco partes:

- Natyasastra: que possui os valores e funções originais do jogo Natyasastra para permitir uma comparação;
- Todos os Dilemas: Utilizando todos os dilemas e gatilhos definidos neste trabalho;
- Cooperação-Confiança: Utilizando apenas os dilemas de cooperação e confiança, com 50 ciclos para confiança e um percentual de trocas de 50% para cooperação;
- Indução-Posicionamento: Utilizando apenas os dilemas de indução e posicionamento, com um percentual de 30% para indução;
- Ameaça-Dissuasão: Utilizando apenas os dilemas de ameaça e dissuasão, com um percentual de 30% para a ameaça.

Seguindo essas definições, os resultados dos experimentos estão dispostos em tabelas contendo:

- Trocas Completas: representando a média dos valores das simulações do número de trocas sociais com suas duas etapas bem sucedidas;

- Trocas Incompletas: representando a media dos valores das simulações do número de trocas sociais com apenas uma das etapas bem sucedida e a outra falha;
- Trocas Falha: representando a média dos valores de 20 simulações do número de trocas sociais com ambas as etapas da troca social que falharam;
- Fitness + "Estratégia": representa a média obtida em 20 simulações do ganho ou perda de *fitness* em %, bem como o valor real entre parêntesis.

Tais valores foram obtidos comparando os valores obtidos no primeiro ciclo, antes de qualquer evolução, e os valores do último ciclo, após a sociedade evoluir e estabilizar.

Por fim, caso estejam acionados os dilemas, é apresentado o número de vezes que cada um dos dilemas foi acionado, em média nas simulações.

4.1 Sociedade Altruísta

Esse cenário foi organizado de forma a torná-lo propício a trocas na sociedade, utilizando agentes que ofertam mais do que esperam receber em troca. Tal cenário foi proposto para analisar o efeito dos dilemas em uma sociedade propensa a interagir com os outros agentes.

A simulação foi feita com 20 agentes altruístas, 20 agentes altruístas fracos, 0 agentes egoístas, 0 agentes egoístas fracos e 10 agentes racionais.

Tal simulação foi executada por um máximo de 5000 ciclos ou até ser encontrada a estabilidade através do *fitness* ou um percentual de trocas completas igual a 90.

Os resultados da simulação para esta sociedade são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Trocas e Fitness da Sociedade Altruísta

Dilemas	Ciclos	Trocas Completas	Trocas Incompletas	Trocas Falha
Natyasastra	1499,2	-56,38%(-476,95)	79%(295,8)	3854,25%(181,15)
Todos os dilemas	430,45	-47,37%(-402,74)	2,311%(8,55)	7805,9%(394,2)
Cooperação-Confiança	1930,5	-52,19%(-437,59)	76,97%(291,3)	1795%(146,2)
Indução-Posicionamento	156,15	12,48%(106,44)	-58,99%(-217,5)	2884,41%(111,05)
Ameaça- Dissuasão	4097,35	-77,13%(-650,75)	28,53%(107,35)	10760%(543)
Fitness	Fitness Altruísta	Fitness Altruísta Fraco	Fitness Racional	
Natyasastra	118,39%(42,7)	126,9%(36,79)	62562%(19,612)	
Todos os dilemas	73,332%(5,32)	75,49%(4,3)	1441%(1,24)	
Cooperação-Confiança	132%(46,24)	131,1%(40,43)	204892%(26,87)	
Indução-Posicionamento	-14,87%(-16)	-20,8%(-13,37)	53877%(11,73)	
Ameaça-Dissuasão	52,14%(30,619)	34,75%(23,76)	4316%(1,93)	

4.2 Sociedade Egoísta

Esse cenário foi organizado de forma a dificultar as trocas na sociedade, utilizando agentes que ofertam menos do que esperam em retorno. Assim, como o

cenário altruísta, este cenário foi proposto para analisar o efeito dos dilemas em uma sociedade com dificuldade de interagir com outros agentes.

A simulação foi feita com 0 agentes altruístas, 0 agentes altruístas fracos, 20 agentes egoístas, 20 agentes egoístas fracos e 10 agentes racionais.

Tal simulação foi executada por um máximo de 5000 ciclos ou até ser encontrada a estabilidade através do *fitness* ou um percentual de trocas completas igual a 90. Uma condição a mais foi adicionada nesse cenário, a simulação só para depois dos primeiros 500 ciclos, pois a sociedade encontrava inicialmente equilíbrio com 0 de *fitness*, impossibilitando os agentes de evoluírem.

Os resultados da simulação para esta sociedade são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Trocas e Fitness da Sociedade Egoísta

Dilemas	Ciclos	Trocas Completas	Trocas Incompletas	Trocas Falha
Natyastra	4486,7	2882,6%(590,95)	70,11%(234,25)	-94,8%(-825,199)
Todos os dilemas	751,3	1140%(242,25)	65,4%(224,95)	-54,33%(-467,199)
Cooperação-Confiança	4800,6	2051,56%(457,5)	83,65%(289,15)	-87,1%(-746,65)
Indução-Posicionamento	224,15	5602,99%(1120,6)	-75,24%(-254,2)	-99,91%(-866,4)
Ameaça-Dissuasão	3441,6	-450,79%(85,199)	29,74%(102,5)	-21,78%(-187,69)
Fitness	Fitness Egoísta	Fitness Egoísta Fraco	Fitness Racional	
Natyastra	21,36	25,45	13,58	
Todos os dilemas	2,227	616	11434,325%(0,69205)	
Cooperação-Confiança	3236066%(24,65)	3100899%(28,96)	59067%(19,20)	
Indução-Posicionamento	3053989%(7,2957)	1885580%(7,61)	50475%(6,765)	
Ameaça-Dissuasão	5,478	7,6670	5,8264	

4.3 Sociedade Heterogênea

Esse cenário foi organizado de forma a incorporar todas as estratégias em uma sociedade heterogênea, possuindo tanto agentes que irão retardar as trocas, como agentes que irão incentivá-las. Com esse cenário mais complexo, pode-se analisar o impacto dos dilemas em uma sociedade mais complexa.

A simulação foi feita com 10 agentes altruístas, 10 agentes altruístas fracos, 10 agentes egoístas, 10 agentes egoístas fracos e 10 agentes racionais.

Tal simulação foi executada por um máximo de 5000 ciclos ou até ser encontrada a estabilidade através do *fitness* ou um percentual de trocas completas igual a 90.

Os resultados da simulação para esta sociedade são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Trocas e Fitness da Sociedade Heterogênea

Dilemas	Ciclos	Trocas Completas	Trocas Incompletas	Trocas Falha	
Natyasastra	1123,8	-1,59%(-5,44)	41,227%(190,1)	-43,74%(-184,64)	
Todos os dilemas	524,75	25,37%(84,8)	-7,2%(-33,4)	-11,93%(-51,39)	
Cooperação-Confiança	1531,4	7,78%(26,1)	43,86%(204,84)	-54,65%(-230)	
Indução-Posicionamento	156,9	224,53%(741,74)	-73,28%(-341,5)	-93,38%(-400)	
Ameaça-Dissuasão	2555,5	-63,30%(-215,95)	-36,57%(-167,39)	89,93%(383,35)	
Fitness	Altruísta	Altruísta Fraco	Egoísta	Egoísta Fraco	Racional
Natyasastra	222.4%(29,21)	194.73%(23.07)	3084.19%(8.66)	3185.1%(13.92)	596476%(12.88)
Todos os dilemas	-53,68%(-4,09)	-68,77%(-2,37)	540,25%(1,59)	302,04%(1,68)	26985%(1,46)
Cooperação-Confiança	398,06%(43,12)	354,25%(35,44)	8312,75%(21,12)	7090%(28,89)	22,45
Indução-Posicionamento	118,85%(18,49)	94,52%(14,36)	4693,8%(10,29)	2451%(10,34)	26482%(12,13)
Ameaça-Dissuasão	13,94%(10,23)	-22,97%(-6,11)	362,85%(1,24)	331,26%(1,86)	8,592

4.4 Ativação dos dilemas nas simulações

Na Tabela 7 é exposto o valor médio de ativação de cada um dos dilemas nas simulações feitas.

Tabela 7: Ativação dos dilemas

Cenário/Dilema	Indução	Cooperação	Confiança	Dissuasão	Posicionamento	Ameaça
Altruísta todos	2819.2	123	400	8671	30.9	6337
Altruísta CC	0	52.95	1785	0	0	0
Altruísta IP	501	0	0	0	15.45	0
Altruísta AD	0	0	0	10369.9	0	26112
Egoísta todos	7416.45	241.25	56	17682	989	12403
Egoísta CC	0	186.9	1746.6	0	0	0
Egoísta IP	1091.85	0	0	0	1850	0
Egoísta AD	0	0	0	49713.8	0	30880.35
Heterogêneo todos	4904.95	168.7	175.25	10467.75	102.5	8680.45
Heterogêneo CC	0	98.6	1212.05	0	0	0
Heterogêneo IP	866.75	0	0	0	67.15	0
Heterogêneo AD	0	0	0	57647.85	0	42325.85

4.5 Análise da inclusão dos dilemas e seus gatilhos

O que foi observado, em sua grande maioria, com exceção da dupla de dilemas de cooperação e de confiança na sociedade egoísta, a presença de dilemas foi prejudicial tanto as trocas como ao *fitness*, independente da composição da sociedade.

Nas simulações, a dupla de dilemas que mais prejudicou as trocas foi de ameaça e de dissuasão. Tal dupla de dilemas obteve os piores resultados de ganho (e em sua maioria maior perda) de trocas completas, entre todos os cenários Também obteve alguns dos piores tempos (quantidade de ciclos) para obter a estabilidade.

Outro par de dilemas que é levemente prejudicial a sociedades com agentes altruísta são os dilemas de cooperação e confiança, obtendo médias de trocas totais negativas, com valores superiores apenas a simulações com o dilema de ameaça e

dissuasão em ambientes propícios a trocas. Contudo, tal dupla de dilemas obteve valores de ganho de fitness muito elevados em todos os cenários, como também o segundo melhor ganho de trocas totais em um ambiente egoísta, mostrando que entrar em dilema para cooperação e de confiança é extremamente prejudicial as trocas em sociedades propensas a trocar, entretanto ter essa dúvida é benéfico individualmente para os agentes, no geral.

A dupla de dilemas que mais se destacou, entre todos os dilemas, foi a dupla da Indução e do Posicionamento. Enquanto todas as outras duplas de dilemas ou ausência deles provocou uma instabilidade no sistema, o que gerou simulações de mais de 1000 ciclos para obter estabilidade por *fitness*, essa dupla de dilemas obteve estabilidade de trocas acima de 90% em todos os casos, tendo o número de ciclos, em todos os casos, próximo ou inferior a 300. Tal estratégia é agressiva para o ganho de trocas totais, mas o ganho de *fitness*, nos cenários egoístas e heterogêneo, foi positivo. Para o cenário altruísta, houve obteve uma leve perda.

As duplas de dilemas que mais se contradizem, no geral, foram as duplas de ameaça e de dissuasão, que possuem grandes valores de ciclos e perda nas trocas totais e com valores positivos de *fitness*, mostrando um maior foco no ganho individual dos agentes; e os dilemas de indução e de posicionamento, que demonstram grande ganho de trocas totais com poucos ciclos, mas o ganho de *fitness* foi elevado em alguns casos, mas também obteve perdas em outros casos, mostrando um foco em trocas e ganho da sociedade como um todo, as custas do bem estar do indivíduo.

Nas Tabela 4, 5 e 6 é possível observar os valores médios de todas as simulações. Dentre os valores apresentados, importante ressaltar os seguintes casos:

- Menor número de ciclos ocorreu com a indução e o posicionamento nas sociedades altruístas e heterogêneas, com 156 ciclos, em média;
- Maior número de ciclos foi observado com os dilemas de cooperação e de confiança, na sociedade egoísta, com 4.800 ciclos, em média;
- Maior ganho de trocas completas foi observado com os dilemas de indução e de posicionamento, na sociedade egoísta, com ganho de 1.120 trocas completas, em média;
- Maior perda de trocas completas foi observado com os dilemas de ameaça e de dissuasão, na sociedade altruísta, com uma perda media de 650 trocas completas;

- Maior ganho de *fitness* foi observado com os dilemas de cooperação e de confiança na sociedade altruísta e heterogênea, com ganho médio de *fitness*, respectivamente, de 46 e 43.
- Maior perda de *fitness* foi observado com os dilemas de indução e de posicionamento na sociedade altruísta, com perda média de 16 de *fitness*.

Na Tabela 7 é exposto o número de ativações de cada dilema nos diferentes cenários.

Entre as simulações, em conjunto com número de ciclos observado nas Tabelas 4, 5 e 6, é possível destacar que :

- Na ausência de outros dilemas, mesmo com simulações com muitos ciclos, os dilemas de cooperação e de confiança possuem um baixo número de ativação. Tal fato é devido a busca da sociedade em aumentar o número de trocas no geral (os dilemas são acionados quando ocorrem perdas nas trocas ou poucas trocas no geral);
- Na ausência de outros dilemas, os dilemas de ameaça e de dissuasão entram em um ciclo onde agentes são ameaçados e retribuem isso com outra ameaça, prejudicando as trocas da sociedade, mas garantindo, na maioria das vezes (apenas no cenário heterogêneo, agentes altruístas fracos perderam *fitness*) um ganho pessoal para os agentes;
- Embora todas as simulações com os dilemas de indução e de posicionamento possuam um número de ciclos baixos, tal observação se torna mais clara quando ambos estão funcionando sem a presença dos demais dilemas, obtendo tempos de simulação que alcançam menos de 1/3 do tempo de simulação com todos os dilemas, e sempre alcançando 90% das trocas totais como forma de estabilidade, dando pouco tempo aos agentes para refinarem suas estratégias para maximalizar o ganho de *fitness*;
- Na presença de todos os dilemas, a simulação obtém sua estabilidade com tempo muito inferior a uma simulação sem o uso de dilemas. Tal redução no tempo de simulação vem com o custo do ganho pessoal dos agentes, já que em nenhuma simulação com uso de todos os dilemas foi obtido um ganho de *fitness* superior a uma simulação sem os dilemas.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com objetivo de aperfeiçoar o jogo dramático Natyasastra, foi feita a análise dos seis dilemas que ocorrem quando agentes enfrentam um conflito após estarem familiarizados com suas posições.

Após a análise dos seis dilemas e sua prévia aplicação no trabalho de TRAVERSI (2017), ficou claro que a ação constante dos dilemas não é realista e seria necessário encontrar formas de controlar sua efetividade.

Com esse pensamento, foram definidos gatilhos que são acionados, seguindo a definição apresentada por AZAR; KHOSRAVANI; JALALI (2014), e funções dos dilemas criadas especialmente para o jogo Natyasastra, de forma a desativar os dilemas que foram acionados.

Tal comportamento foi proposto com a ideia de minimizar as dúvidas causadas pelos dilemas em conflitos de interesse.

Após os experimentos, ficou claro que em sua maioria, a presença de todos os dilemas foi prejudicial ao ganho de *fitness*, em comparação a um cenário sem dilemas.

Entretanto, em todos os casos, com o uso de todos os dilemas foi obtido a estabilidade da simulação com menos da metade do tempo de um cenário sem os dilemas.

Analisando os dilemas em pares foi possível perceber que os dilemas de indução e de posicionamento conseguiram, em todos os cenários atingir rapidamente (menos de 300 ciclos) atingir um número de trocas completas globais igual ou superior a 90%, demonstrando que tais dilemas podem promover um grande benefício para a sociedade. Entretanto, tal benefício veio ao custo de baixo ganho pessoal (*fitness*).

Também foi possível perceber que os dilemas de cooperação e de confiança, mesmo não obtendo um ganho de trocas completas em todos os cenários, conseguiram obter o maior ganho de *fitness* em qualquer caso, demonstrando que quando agentes colocam seu foco nas relações de troca, acabam obtendo um ganho próprio, as custas de um ganho da sociedade maior, mostrando que esse conjunto de dilemas é ideal para o ganho individual dos agentes.

Por fim, os dilemas de ameaça e de dissuasão acabaram gerando simulações lon-

gas, em que em sua maioria, foram composta des disputas de ameaças e contra ameaças para atingir algum objetivo, tais simulações em sua grande maioria obtiveram um ganho positivo de *fitness* na sociedade. Entretanto, tal ganho não foi superior a cooperação e a confiança em nenhum caso, seu ganho de trocas completas também não foi superior aos outros casos, mostrando que os dilemas de ameaça e de dissuasão são nocivos a sociedade.

Como contribuição científica, este trabalho gerou:

- Uma análise dos dilemas e a definição de gatilhos;
- Uma implementação do jogo de trocas sociais com uso de dilemas;
- Uma análise do comportamento dos dilemas em diferentes cenários.

Buscando uma contribuição na área de simulação de trocas sociais entre agentes, como trabalho futuro, vislumbra-se a análise da evolução das estratégias de trocas dos agentes através de uma classificação das estratégias que emergem como resultado final das simulações. A utilização de lógica difusa (LUCCA et al., 2015) poderá auxiliar no entendimento da evolução das sociedades simuladas no jogo *Natyasastra*, com diversos tipos de sociedades e sobre influência de diferentes combinações de dilemas da teoria do drama.

REFERÊNCIAS

AZAR, A.; KHOSRAVANI, F.; JALALI, R. Drama Theory: A Problem Structuring Method in Soft OR (A Practical Application: Nuclear Negotiations Analysis between Islamic Republic of Iran and the 5+ 1 Group). **The International Journal of Humanities**, [S.l.], v.19, n.4, p.1–14, 2014.

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R. Interval-based Markov Decision Processes for Regulating Interactions Between Two Agents in Multi-Agent Systems. In: **SELECTED PAPERS OF THE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED PARALLEL COMPUTING, PARA'04, LYNGBY, 2006**, Berlin. **Anais. . . Springer**, 2006. n.3732, p.102–111. (LNCS).

DIMURO, G. P.; ROCHA COSTA, A. C. da. Regulating social exchanges in open MAS: The problem of reciprocal conversions between POMDPs and HMMs. **Information Sciences**, [S.l.], v.323, p.16 – 33, 2015.

GUTH, W.; SCHMITTBERGER, R.; SCHWARZE, B. An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining. **Journal of Economic Behavior and Organization**, [S.l.], v.3, p.367–388, 1982.

HOWARD, N. Drama Theory and Its Relation to Game Theory. Part 1: Dramatic Resolution vs. Rational Solution. **Group Decision and Negotiation. Kluwer Academic Publishers.**, [S.l.], p.187–206, 1994.

HOWARD, N. Drama Theory and Its Relation to Game Theory. Part 2: Formal Model of the Resolution Process. **Group Decision and Negotiation. Kluwer Academic Publishers.**, [S.l.], 1994.

LUCCA, G.; DIMURO, G. P.; MATTOS, V.; BEDREGAL, B.; BUSTINCE, H.; SANZ, J. A. A Family of Choquet-based Non-Associative Aggregation Functions for Application in Fuzzy Rule-based Classification Systems. In: **IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS (FUZZ-IEEE)**, 2015., 2015, Los Alamitos. **Anais. . . IEEE**, 2015. p.1–8.

MACEDO, L. **Uma Abordagem Evolucionária e Espacial para o Jogo da Autorregulação de Processos de Trocas Sociais em Sistemas Multiagentes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Programa de Pós-graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande.

MACEDO, L. F. K.; DIMURO, G. P.; AGUIAR, M. S.; COELHO, H. An Evolutionary Spatial Game-based Approach for the Self-regulation of Social Exchanges in MAS. In: ECAI 2014 – 21ST EUROPEAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, PROCEEDINGS, 2014, Netherlands. **Anais...** IOS Press, 2014. n.263, p.573–578. (Frontier in Artificial Intelligence and Applications).

NEUMANN, J. von; MORGENSTERN, O. **Theory of Games and Economic Behavior**. New York: Wiley, 1944.

ORTONY, A.; CLORE, G. L.; COLLINS, A. **The cognitive structure of emotions**. [S.l.]: Cambridge university press, 1990.

PIAGET, J. **Sociological Studies**. London: Routledge, 1995.

RODRIGUES, H. D. N.; DIMURO, G. P.; ADAMATTI, D. F. A Variable Dimensional Fuzzy Logic-Based Reputation Model for MAS. In: MULTI-AGENT BASED SIMULATION XVIII - INTERNATIONAL WORKSHOP, MABS 2017, SÃO PAULO, BRAZIL, MAY 8-12, 2017, REVISED SELECTED PAPERS, 2017. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2017. p.18–32.

ROJAS, Y. E. L. **Trocas Sociais em Sistemas Multiagentes: Transferência de Confiança com base na Reputação e na Relação de Dependência**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Programa de Pós-graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

TRAVERSI, N. **Dilemas em Natyasastra**. [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande - FURG, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso.

TRAVERSI, N.; DIMURO, G. P.; ADAMATTI, D.; WOTTER, R. **Análise de Dilemas em Natyasastra**. Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e Aplicações - WESAAC.

WOTTER, R. G. **NATYASASTRA: Um Jogo Dramático de Autorregulação de Processos de Trocas Sociais Baseado na Teoria do Drama**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Programa de Pós-graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande.