

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E
INFORMÁTICA INDUSTRIAL**

ELTON MASAHARU SATO

**ADAPTAÇÃO E ANÁLISE DO CRITÉRIO DE RECIPROCIDADE PARA
ESTRATÉGIAS DE ARGUMENTAÇÃO EM DIÁLOGOS PERSUASIVOS
COM AGENTES AUTO-INTERESSADOS**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2022

ELTON MASAHARU SATO

**ADAPTAÇÃO E ANÁLISE DO CRITÉRIO DE RECIPROCIDADE PARA
ESTRATÉGIAS DE ARGUMENTAÇÃO EM DIÁLOGOS PERSUASIVOS COM
AGENTES AUTO-INTERESSADOS**

**Adaptation and Analysis of Reciprocity as a Criterion for Strategic
Argumentation in Persuasive Dialog with Self-Interested Agents**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Ciência da Computação
do Curso de Bacharelado em Ciência da
Computação da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Augusto Tacla

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Miriam Mariela
Mercedes Morveli Espinoza

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



ELTON MASAHARU SATO

ADAPTAÇÃO E ANÁLISE DO CRITÉRIO DE RECIPROCIDADE PARA ESTRATÉGIAS DE ARGUMENTAÇÃO EM DIÁLOGOS PERSUASIVOS COM AGENTES AUTO-INTERESSADOS

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Engenharia De Computação.

Data de aprovação: 18 de Maio de 2022

Dr. Cesar Augusto Tacla, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Ayslan Trevizan Possebom, Doutorado - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (Ifpr)

Dr. Helio Henrique Lopes Costa Monte Alto, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Dra. Miriam Mariela Mercedes Morveli Espinoza, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 08/06/2022.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas e/ou instituições às quais presto minha homenagem. Certamente esses parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre estas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

A minha família, pelo carinho, incentivo e total apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador e orientadora, que me mostraram os caminhos a serem seguidos e pela confiança depositada.

A todos os professores e colegas do departamento, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

Enfim, a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

SATO, Elton. **Adaptação e Análise do Critério de Reciprocidade para Estratégias de Argumentação em Diálogos Persuasivos com Agentes Auto-Interessados**. 2022. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2022.

Em um diálogo de persuasão entre dois agentes, é possível utilizar argumentos chamados de retóricos, o qual inclui ameaças e recompensas. Ameaças são argumentos persuasivos, mas reduzem a utilidade do agente adversário, enquanto uma recompensa não reduz a utilidade de seu adversário, mas é menos persuasiva. Em um ambiente com agentes auto-interessados, a tendência é que os agentes utilizem primariamente os argumentos de ameaça, já que eles não se interessam pela perda de utilidade de seus adversários. Porém, isso implica em uma perda de utilidade geral de todos os agentes, já que todos os agentes estarão adotando uma estratégia mais ameaçadora para tentar persuadir seus adversários. Visando tentar resolver esse problema, este trabalho busca adaptar um critério para estratégias muito aplicada em teoria de jogos que reduz a perda de utilidade total dos agentes, mesmo que eles sejam auto-interessados. Este critério é chamado de reciprocidade, e a sua característica principal é de sempre reciprocitar uma ação feita pelo seu adversário. Em nosso caso, se um adversário ameaçar um agente que tenha reciprocidade, ele irá ameaçar de volta, enquanto um adversário que recompensar um agente que tenha reciprocidade, será recompensado de volta. Apesar de simples, estratégias que adotam esse critério são bastante utilizados e costumam serem vencedoras quando colocados para competir contra outras estratégias. Para analisar a capacidade de persuasão e redução de ameaças da estratégia proposta, foram realizados simulações de diálogos persuasivos com argumentos retóricos, e dentro destes testes também foram feitas experimentações para análise de enviesamento dos parâmetros de teste estabelecidos para a geração de cenários. Os experimentos realizados apontaram um aumento da utilidade dos agentes quando utilizado a estratégia com o critério de reciprocidade, atingindo o objetivo de pesquisa deste trabalho. A principal contribuição deste trabalho está em adaptar a reciprocidade de teoria de jogos para sistemas de argumentação e entender as vantagens e desvantagens de se basear uma estratégia neste critério com um teste empírico. Como contribuição secundária, este trabalho também propõe uma adaptação da semântica de argumentação Dung Preferida que escolhe apenas os argumentos de um dos agentes para ser aplicado em argumentações de persuasão.

Palavras-chave: Reciprocidade. Argumentação Estratégica. Framework de Argumentação Bipolar com Pesos. Diálogo Persuasivo. Teoria de Jogos.

ABSTRACT

SATO, Elton. **Adaptation and Analysis of Reciprocity as a Criterion for Strategic Argumentation in Persuasive Dialog with Self-Interested Agents**. 2022. 82 p. Dissertation (Master's Degree in Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2022.

In a persuasion dialogue between two agents, it is possible to use rhetorical arguments, which include threats and rewards. Threats are persuasive arguments, but they reduce the opposing agent's utility, while a reward does not reduce your adversary's utility, but is less persuasive. In an environment with self-interested agents, the tendency is for agents to primarily use threat arguments, since they are not interested in the loss of utility of their adversaries. However, this implies a loss of general utility for all agents, as all agents will be adopting a more threatening strategy to try to persuade their adversaries. In order to try to solve this problem, this work seeks to adapt a criterion for strategies applied in game theory that reduces the total utility loss of agents, even if they are self-interested. This criterion is called reciprocity, and its main characteristic is to always reciprocate an action taken by your adversary. In our case, if an adversary threatens an agent that has reciprocity, he will threaten back, while an adversary that rewards an agent that has reciprocity will be rewarded back. Despite being simple, strategies that adopt this criterion are widely used and are usually the winners when placed to compete against other strategies. To analyze the persuasiveness and threat reduction capacity of the proposed strategy, simulations of persuasive dialogues with rhetorical arguments were performed, and within these tests, experiments were also carried out to analyze the bias of the test parameters established for the generation of scenarios. The experiments carried out showed an increase in the agents' usefulness when using the strategy with the reciprocity criterion, reaching the research objective of this work. The main contribution of this work is in adapting reciprocity from game theory to argumentation systems and understand the advantages and disadvantages of basing a strategy on this criteria with an empirical test. As a secondary contribution, this work also proposes an adaptation of the Dung preferred argumentation semantic that chooses only the arguments from one of the agents to be applied in persuasive argumentation.

Keywords: Reciprocity. Strategic Argumentation. Weighted Bipolar Argumentation Framework. Persuasive Dialogue. Game Theory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Framework</i> de Argumentação Bipolar com Pesos	23
Figura 2 – Fluxograma das Consequências da Ameaça.	26
Figura 3 – Fluxograma das Consequências da Recompensa.	27
Figura 4 – Fluxograma do Modelo do Diálogo.	30
Figura 5 – Exemplo de <i>Framework</i> de Argumentação.	31
Figura 6 – Persuasões alcançadas pelo Proponente	39
Figura 7 – Quantidade de Objetivos Atacados do Agente Proponente	41
Figura 8 – Quantidade de Objetivos Atacados do Agente Oponente	42
Figura 9 – Total de Objetivos Atacados	43
Figura 10 – Total de Argumentos Trocados	44
Figura 11 – Persuasão em Relação à Percentagem de Relações entre os Argumentos na Dung Preferida	45
Figura 12 – Persuasão em Relação à Percentagem de Relações entre os Argumentos na Safe Preferida	46
Figura 13 – Persuasão em Relação à Percentagem de Relações entre os Argumentos na Side Preferida	47
Figura 14 – Total de Argumentos Trocados em Dung Preferida comparado com a Percen- tagem de Relações entre os Argumentos	48
Figura 15 – Total de Argumentos Trocados em Safe Preferida comparado com a Percen- tagem de Relações entre os Argumentos	49
Figura 16 – Total de Argumentos Trocados em Side Preferida comparado com a Percen- tagem de Relações entre os Argumentos	50
Figura 17 – Total de Objetivos atacados em Dung Preferida comparado com a Percenta- gem de Relações entre os Argumentos	50
Figura 18 – Total de Objetivos atacados em <i>Safe</i> Preferida comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos	51
Figura 19 – Quantidade de Persuasões Variando a Quantidade de Argumentos na Semân- tica Dung Preferida	52
Figura 20 – Total de Persuasões Simplificado	54
Figura 21 – Total de Objetivos Atacados Simplificado	55
Figura 22 – Fórmula para o cálculo do Score Z	55
Figura 23 – Cálculo do Desvio Padrão	56
Figura 24 – Fórmula para a Função de Distribuição Cumulativa	56
Figura 25 – Quantidade de Persuasões Variando a Quantidade de Argumentos na Semân- tica <i>Safe</i> Preferida	66
Figura 26 – Quantidade de Persuasões Variando a Quantidade de Argumentos na Semân- tica <i>Side</i> Preferida	67
Figura 27 – Quantidade de Persuasões Variando a Quantidade de Argumentos na Semân- tica <i>Estável</i>	67
Figura 28 – Persuasão em Relação à Percentagem de Relações entre os Argumentos na Estável	68
Figura 29 – Total de Argumentos Trocados em Estável comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos	69

Figura 30 – Total de Objetivos Cancelados em <i>Side Preferida</i> comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos	69
Figura 31 – Total de Objetivos Cancelados em <i>Estável</i> comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos	70
Figura 32 – Cenário Inicial	72
Figura 33 – Relações de argumentos no Cenário Inicial	73
Figura 34 – Primeiro envio de Argumento do agente Oponente	74
Figura 35 – Argumento Válido enviado pelo Oponente	74
Figura 36 – Primeiro envio de Argumento do agente Proponente	75
Figura 37 – Argumento Válido enviado pelo Proponente	75
Figura 38 – Primeiro envio de Argumento do agente Oponente da Rodada 3	76
Figura 39 – Primeiro argumento inválido enviado pelo Oponente	76
Figura 40 – Segundo envio de Argumento do agente Oponente da Rodada 3	77
Figura 41 – Segundo argumento inválido enviado pelo Oponente	77
Figura 42 – Terceiro envio de Argumento do agente Oponente da Rodada 3	78
Figura 43 – Terceiro argumento inválido enviado pelo Oponente	78
Figura 44 – Extensão Final da Argumentação	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do Cenário	16
Tabela 2 – Exemplo de Tabela de Ganhos do Dilema do prisioneiro Iterado	20
Tabela 3 – Argumentação Abstrata como Design de Mecanismo	28
Tabela 4 – Tabela de Características das Semânticas	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	AGENTES E ARGUMENTAÇÃO DE PERSUASÃO	12
1.2	ARGUMENTAÇÃO ESTRATÉGICA	13
1.3	RECIPROCIDADE	14
1.4	CLASSIFICAÇÃO DO CENÁRIO	15
1.5	MOTIVAÇÃO E PROBLEMA	16
1.6	OBJETIVO	17
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	ESTRATÉGIA EM SISTEMAS MULTI-AGENTES	19
2.2	TEORIA DE JOGOS APLICADO À ARGUMENTAÇÃO	21
2.3	DEFINIÇÕES BÁSICAS	21
2.3.1	<i>Framework</i> de Argumentação Bipolar com Pesos	22
2.3.2	Argumentos Retóricos	25
2.3.3	Força dos Argumentos	27
2.4	MAPEAMENTO DE TEORIA DE JOGOS PARA ARGUMENTAÇÃO	27
3	MODELO DO DIÁLOGO DE PERSUASÃO E ESTRATÉGIAS	29
3.1	MODELO DO DIÁLOGO	29
3.1.1	<i>Framework</i> de Argumentação e Argumentos	29
3.1.2	Semântica	32
3.1.3	Condição de Parada	33
3.1.4	Agente	33
3.2	ANÁLISE DE VARIÁVEIS DO SISTEMA	33
3.2.1	Regras de Geração de Cenários	34
3.2.2	Aplicação do Sistema de Diálogo	35
3.3	ESTRATÉGIAS	36
3.4	CRITÉRIOS DE ESTRATÉGIAS	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	RESULTADOS DOS TESTES SIMPLES	39
4.2	RESULTADOS DOS TESTES VARIANDO A PERCENTAGEM DE RELAÇÕES ENTRE OS ARGUMENTOS	45
4.3	RESULTADOS DOS TESTES VARIANDO A QUANTIDADE DE ARGUMENTOS	52
4.4	DISCUSSÃO	53
4.5	AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA	55
5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	58
5.1	CONCLUSÃO	58
5.2	PERSPECTIVAS	59
	REFERÊNCIAS	60

APÊNDICES	65
APÊNDICE A – GRÁFICOS DE RESULTADOS EXTRAS	66
APÊNDICE B – CÓDIGO DO TRABALHO	71
APÊNDICE C – PASSO-A-PASSO DE UM DIÁLOGO	72
ANEXO	80
ANEXO A – DIREITOS AUTORAIS - LEI N.º 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998: DISPOSIÇÕES PRELIMINARES .	81

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta as informações necessárias para basear o problema e objetivo deste trabalho. Esta dissertação se insere no contexto de sistemas multiagentes com agentes inteligentes que são capazes de realizar diálogos argumentativos de persuasão para fins de adoção de crenças. Para a modelagem destes diálogos argumentativos, é utilizado um *framework* de argumentação abstrata.

1.1 AGENTES E ARGUMENTAÇÃO DE PERSUASÃO

Um agente inteligente, segundo J. Norvig P. (2010), é todo aquele que é capaz de perceber o seu ambiente e agir de forma autônoma para atingir seus objetivos. Neste trabalho, o ambiente é um espaço virtual contendo os agentes que realizam diálogos de persuasão entre si, e um agente neutro, que age imparcialmente, e que define os resultados dessas persuasões. Um diálogo argumentativo é a troca de argumentos realizado entre dois agentes, o diálogo ocorrerá por intermédio de um terceiro agente, e que terão seus papéis detalhados na subseção 3.1.1. A argumentação no que lhe concerne, oferece um sistema inspirado na comunicação natural humana, e de fácil compreensão da representação e realização do raciocínio, e têm sido utilizado em diversas categorias de problemas, incluindo planejamento e raciocínio prático (A. NORMAN T. J., 2011), raciocínio legal (T. PRAKKEN H., 2009)(H., 2015), além das contribuições para a área da inteligência artificial, em geral (RAHWAN, 2015).

O estudo das regras de inferência e lógica em debates, diálogos, conversas e persuasão, também chamado de teoria da argumentação (EEMEREN; GROOTENDORST, 2003), é um dos campos de estudo que tenta resolver o problema de tomada de decisão (JORY, 2016). Uma das aplicações de argumentação em sistemas multiagentes é para diálogos entre agentes, com o objetivo de troca de informações, para que os agentes possam persuadir, cooperar, planejar, ou resolver conflitos (THIMM; GARCÍA, 2010). Há vários motivos para que um agente decida iniciar um diálogo, como negociação, persuasão, ou investigação. A negociação visa distribuir algum recurso entre os agentes (N DIMOPOULOS Y, 2012), a persuasão consiste em um diálogo em que um agente convence um outro agente (PRAKKEN, 2006), e na investigação os agentes colaboram em diálogos para buscar uma resposta para uma questão (BLACK; HUNTER, 2009).

O foco deste trabalho está no diálogo de negociações de persuasão, o qual ocorre quando

agentes autônomos trocam argumentos retóricos para dar suporte a uma proposta (RAMCHURN *et al.*, 2003). A meta deste tipo de diálogo é o convencimento de um agente oponente a partir de uma proposta inicial feita por um agente dito proponente. Para que um agente possa convencer o outro, um agente deve fornecer argumentos que sejam capazes de dar suporte aos seus objetivos, bem como atacar os argumentos e objetivos de seu adversário. Para tal, os agentes proponente e oponente possuem argumentos retóricos de ameaça e recompensa para atacar e dar suporte. Esses tipos de argumentos retóricos são explicados com mais detalhes na subseção 2.3.2.

Para a realização de diálogos argumentativos de persuasão, um agente deve possuir um sistema de argumentação, que neste trabalho é implementado como um *framework* de argumentação abstrato. O *framework* de argumentação abstrato é entendido como um grafo direcionado, em que cada nó do grafo é um argumento, e as setas entre os nós são os ataques e defesas que um argumento pode dar a outro argumento, ou a um objetivo de um agente. Porém, somente o sistema de argumentação não é o suficiente, os agentes devem ser capazes de adotar uma estratégia para escolher os argumentos a serem utilizados, pois um agente que envia todos os seus argumentos pode revelar informações privadas irrelevantes para a diálogo, bem como a escolha aleatória de argumentos faz um uso ineficiente do tempo de ambos os agentes e recursos de processamento da máquina.

1.2 ARGUMENTAÇÃO ESTRATÉGICA

Nos diálogos argumentativos persuasivos, os agentes podem agir independentemente um dos outros com objetivos próprios. Considere o seguinte exemplo que ilustra a importância de uma estratégia em argumentação, em que um cliente quer persuadir o lojista a lhe oferecer um desconto:

CLIENTE : (C0) Gostaria de comprar este remédio com desconto.

LOJISTA : (L0) Não posso dar desconto nesse remédio.

CLIENTE : (C1) Este panfleto da sua loja diz que o remédio tem desconto.

LOJISTA : (L1) Perdão, não está escrito no panfleto, mas o desconto é somente para idosos.

CLIENTE : (C2) Ótimo, então eu gostaria do desconto, pois eu sou um idoso.

Este diálogo demonstra uma situação em que há informação incompleta. Os personagens não sabem o que o outro sabe, e portanto, não são capazes de prever os argumentos que o outro

usará. Por exemplo, C2 ataca o argumento L0 (já que ele contradiz o argumento L0 na questão do desconto), mas somente porque L1 foi usado. Portanto C2 só é um ataque a L0 porque o lojista revela uma informação privada com o argumento L1. Nestes diálogos, a argumentação estratégica é utilizada para definir um plano de ações para o envio de argumentos de forma a persuadir o oponente a adotar alguma crença (THIMM, 2014). O resultado de uma argumentação não depende somente das premissas do caso, mas também das estratégias o qual cada agente adota. No entanto, Governatori *et al.* (2014) provou que o problema da argumentação estratégica é NP-completo, pois o cálculo de extensões de um conjunto de argumentos é um problema combinatorial, demonstrando a sua impraticabilidade computacional.

Existem porém, uma classe de problemas que são consideradas à prova de estratégias (THIMM; GARCÍA, 2010), pois o seu modelo de problema possibilita ações simples como ambos os agentes colocarem todos os seus argumentos à mostra. Mas esse tipo de movimento não é de interesse para problemas em que os agentes desejam manter o máximo possível a privacidade de suas informações, incluindo o abordado neste trabalho, sendo crítico que os agentes possuam uma estratégia de argumentação que permita que eles tomem a decisão de escolha de qual argumento enviar em função do estágio do diálogo.

1.3 RECIPROCIDADE

Um dos possíveis critérios para a estratégia de argumentação é o analisado por SEN (1996), em seu estudo, verificou o mecanismo de reciprocidade no escopo de sistemas multiagente com agentes auto-interessados, definindo-a como a característica de reciprocitar as ações positivas e negativas de seu oponente. A reciprocidade é importante, pois o autor concluiu que em ambientes (definido pelo autor como os outros agentes do sistema) com frequentes interações com possibilidade de cooperação, um grupo de agentes que utiliza esse mecanismo pode atingir um desempenho próximo do ótimo global, sendo que o desempenho medido por Sen (1996), é realizado pela soma total da medida de utilidade dos agentes. Em (AXELROD; HAMILTON, 1981), os autores realizaram um torneio para determinar as melhores estratégias para tratar um problema de teoria de jogos, entre alguns dos critérios que eles identificaram, a reciprocidade era uma delas. Em um trabalho seguinte, Sen (1996) percebeu algumas características que tornam o resultado de Axelrod e Hamilton (1981) inaplicável para um número de cenários de interesse prático. Algumas de suas características são a repetição de cenários idênticos, as interações simétricas (o dilema do prisioneiro utilizado assume que se ambos os agentes utilizarem o mesmo

movimento, ambos terão o exato mesmo ganho e perda). Para o nosso estudo da argumentação persuasiva, há suposições que não foram abordadas por Sen (1996):

- movimentos limitados: o trabalho de Sen (1996) assume que os agentes podem ilimitadamente cooperar ou não-cooperar com o outro agente durante uma mesma iteração. Em um diálogo, não é realístico assumir que cada agente possui uma quantidade infinita de argumentos;
- múltiplas medidas: assim como em teoria de jogos, foi assumido que os agentes possuem uma única medida de utilidade, e que esse valor sozinho determina o desempenho do agente. No entanto, uma situação de diálogo de persuasão pode ser analisada por múltiplas métricas. Um agente pode, por exemplo, aceitar o argumento de persuasão de seu adversário em troca de algum outro recurso que ele considere de maior importância e, portanto, ambos os agentes saem da argumentação com uma utilidade positiva da interação. Sendo esse caso então, diferente do comumente abordado jogo de soma zero (um jogo de soma zero é definido por um jogo entre dois ou mais agentes em que a soma dos valores de ganho entre os agentes sempre será zero, portanto, se um agente ganhar algo de uma interação com outro agente, esse outro agente deverá perder algo em igual proporção) (WASHBURN *et al.*, 2014).

1.4 CLASSIFICAÇÃO DO CENÁRIO

Thimm e García (2010) investigaram e classificaram os diferentes cenários de problemas de argumentação no contexto de sistemas multiagentes, e chegaram a três principais características a serem analisadas: protocolo do jogo (o jogo sendo o diálogo argumentativo entre os agentes), informação e tipo de agente. O protocolo do jogo se refere à estrutura do jogo e determina características como e quando os agentes tomam turnos, e quando o jogo termina. A informação se refere à quais informações os agentes têm acesso, e determina quanto um agente sabe sobre o outro agente, e quanto um agente sabe sobre o ambiente. O tipo de agente se refere às preferências do agente, e determina qual ou quais são os objetivos do agente, e como um agente organiza seus objetivos.

Para o cenário a ser utilizado neste trabalho, a classificação pode ser dada pela Tabela 1.

Parâmetro	Característica	Descrição
Protocolo do Jogo	Dialético	Os agentes tomam decisões e agem de forma assíncrona, normalmente tomando turnos um após o outro.
	Dupla Concessão de Turno	O jogo termina assim que os dois agentes decidirem um após ao outro, não utilizar mais nenhum argumento.
Informação	Imperfeita	O agente não conhece quais são os argumentos dos seus oponentes.
	Completa	O agente possui conhecimento dos objetivos do seu oponente.
Tipo de Agente	Por Quantidade	O agente possui vários objetivos, em que ele tenta defender o máximo possível.
	Auto-Interessado	O agente se importa somente com o seus próprios objetivos.
	Movimentos Finitos	Os agentes possuem uma quantidade finita de argumentos. Portanto eles não são capazes de repetir o mesmo movimento infinitamente.

Tabela 1 – Classificação do Cenário

1.5 MOTIVAÇÃO E PROBLEMA

Considerando que um agente argumenta visando convencer seu adversário utilizando o mínimo possível de recursos (como a quantidade de argumentos enviados), o uso de estratégias é importante para se obter tomadas de decisão em tempo tratável para a sua realização. Isso ocorre devido a solução ótima para uma argumentação ser NP-Completa, e para sabermos se um conjunto de decisões está mais próxima da ótima, devemos tentar minimizar a perda de utilidade e maximizar a quantidade de persuasões bem-sucedidas, sendo a perda de utilidade medida pelos ataques realizados aos objetivos dos agentes, pois um ataque realizado a um objetivo de um agente implica no cancelamento do mesmo.

Em diálogos de persuasão com argumentos retóricos, Sycara (1990) constatou que argumentos de ataque são mais eficientes que outros tipos de argumentos retóricos para a persuasão (os argumentos retóricos estudados pela autora são a ameaça, recompensa e apelo). Considerando que ataques atacam objetivos e utilidades de outros agentes, e em um ambiente com agentes auto-interessados, os agentes não se importam com a utilidade de outros agentes, a maior presença de ataques a objetivos implica em uma perda de utilidade total dos agentes (a utilidade de cada agente é igual a quantidade de objetivos não atacados, e a utilidade do ambiente é igual a soma dos objetivos não atacados de todos os agentes). O dilema da situação apresentada está na questão do uso de ameaças, os agentes possuem vantagem em utilizar ameaças para aumentar sua persuasão, porém, a sua utilidade depende dos outros agentes não utilizarem ameaças.

Similar ao nosso problema, existe um problema em teoria de jogos chamado de dilema

do prisioneiro. Esse problema envolve dois agentes auto-interessados que podem reduzir a perda de utilidade total entre eles se colaborarem, mas como podem ter uma grande perda de utilidade se o seu adversário não colaborar, acabam ambos decidindo não colaborar. A sua versão iterada, em que dois agentes jogam o dilema do prisioneiro múltiplas vezes em sequência, é similar a um diálogo com argumentos retóricos. A cada rodada do dilema do prisioneiro, cada agente pode decidir enviar um argumento de ataque (não colaborar) ou de suporte (colaborar). Como o jogo do dilema do prisioneiro funciona com mais detalhes pode ser encontrado na seção 2.1.

A pergunta que este trabalho visa responder é:

qual critério uma estratégia de argumentação para diálogos de persuasão com agentes auto-interessados possibilita uma redução da perda de utilidade total dos agentes?

Thimm e García (2010) classificaram diferentes cenários de argumentação, e para a classificação do cenário de problema de argumentação apresentada, não foram encontradas na literatura estratégias desenvolvidas especificamente para resolvê-la.

Este trabalho visa propor uma estratégia que utilize um critério que permita responder a nossa pergunta de pesquisa. O problema da perda de utilidade total com agentes auto-interessados foi estudado no contexto de teoria de jogos com o problema do dilema do prisioneiro iterado. Axelrod e Hamilton (1981) realizaram um torneio para encontrar as melhores estratégias, e os trabalhos de Sen (1996) e Mathieu e Delahaye (2017) constataram que o critério de reciprocidade é uma peça chave para se desenvolver estratégias para agentes auto-interessados que possibilitam uma redução da perda de utilidade total dos agentes. Porém, o problema e o contexto utilizados por esses autores possuem parâmetros de informação e parâmetros de tipo de agente que não são realísticos para o problema de argumentação, como a existência de argumentos ilimitados, e um único parâmetro de utilidade.

1.6 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho reside em propor e avaliar uma estratégia de argumentação abstrata que utiliza a reciprocidade para reduzir a perda de utilidade total dos agentes. O desempenho dos agentes é avaliado de três formas: capacidade de persuasão, preservação dos objetivos dos agentes, e quantidade total de argumentos trocados.

Para atingir os objetivos deste trabalho, serão realizados as seguintes atividades:

- comparar e analisar as equivalências entre a teoria de jogos e a argumentação abstrata para propor um modelo de estratégia de argumentação que utilize a reciprocidade;
- analisar as características necessárias da argumentação para se poder criar um ambiente próprio para testar o modelo proposto com outros modelos existentes similares;
- implementar um diálogo de persuasão entre dois agentes, um sendo o proponente com o objetivo de persuadir, e o outro sendo o oponente com o objetivo de recusar a proposta oferecida;
- realização de testes empíricos em um ambiente virtual desenvolvido baseado nas características identificadas, comparando o desempenho do modelo proposto com outras estratégias.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura utilizada neste trabalho, bem como a apresentação das definições e fundamentos teóricos de argumentação e estratégia utilizados. O capítulo 3 apresenta a estratégia de argumentação proposta, e como são utilizadas as teorias definidas no capítulo 2. O capítulo 4 apresenta os experimentos e discussões, com os resultados obtidos e comentários em relação a outros estudos. O capítulo 5 apresenta a conclusão deste trabalho a partir do resultado obtido, bem como as perspectivas de trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção apresentará uma revisão bibliográfica dos sistemas de argumentação, das estratégias utilizadas em teoria de jogos e argumentação, tanto quanto o embasamento teórico necessário para o estudo.

2.1 ESTRATÉGIA EM SISTEMAS MULTI-AGENTES

Em teoria de jogos, o qual envolve problemas multi-agentes, define-se estratégia como as escolhas que um agente faz no qual o resultado de suas ações não depende somente dele, mas das ações de outros agentes também (B., 2007). O trabalho de Bulling (2014) apresenta diversas alternativas de tomada de decisão em ambientes multi-agentes, incluindo o uso de probabilidade, estratégias adaptativas, e as com critérios de heurística de preferência. Dentre elas, este trabalho busca realizar experimentos com um critério estudado em teoria de jogos: a reciprocidade.

Alguns dos primeiros estudos sobre a reciprocidade fora do campo da biologia e da psicologia, e dentro do escopo da computação foram sobre a indução da cooperação em teoria de jogos (WILSON, 1971) (AXELROD; HAMILTON, 1981) (BOYD; RICHERSON, 1988) (BRAVER, 1975), explicado por Boyd (1988) pelo dilema do prisioneiro iterado ser um bom modelo para o estudo da evolução do altruísmo.

O dilema do prisioneiro clássico é um exemplo comum analisado em teoria dos jogos que demonstra porque dois agentes racionais podem decidir não cooperar, mesmo que a cooperação pareça ser uma solução ótima para o grupo (KUHN, 1997). Para explicar o dilema do prisioneiro de forma lúdica, imagina-se que dois suspeitos são presos pela polícia. A polícia não tem provas suficientes para condená-los pelo tempo total da pena de seus crimes, mas, separando os dois em interrogatórios diferentes, a polícia oferece o mesmo acordo a cada um: se ele confessar, e o outro ficar em silêncio, o que confessou fica livre e o que ficou em silêncio fica preso por 3 anos; se os dois ficarem em silêncio, cada um fica 1 ano preso; e se os dois confessarem, os dois ficam 2 anos presos. Cada suspeito deve tomar sua decisão sem consultar ou saber o que o outro decidiu. E a questão que o dilema propõe é tentar descobrir o que vai acontecer, e como cada prisioneiro deve agir nesta situação. Neste caso, estamos considerando que quando um suspeito fica em silêncio, ele está cooperando com o outro, pois a pena total entre os dois agentes é menor se ambos cooperarem, e dessa forma, quando um agente confessa, considera-se que ele não está

cooperando com o outro.

Tabela 2 – Exemplo de Tabela de Ganhos do Dilema do prisioneiro Iterado

	Agente A Cooperar	Agente A Não Cooperar
Agente B Cooperar	Agente A fica 1 ano preso Agente B fica 1 ano preso	Agente A fica livre Agente B fica 3 anos preso
Agente B Não Cooperar	Agente A fica 3 anos preso Agente B fica livre	Agente A fica 2 anos preso Agente B fica 2 anos preso

Fonte: Autoria Própria

A ideia básica do jogo é que dois agentes devem escolher isoladamente cooperar ou não, seguindo uma tabela de ganhos como apresentada pela Tabela 2. O dilema consiste no fato de que racionalmente, a melhor escolha é não cooperar, já que um agente auto-interessado sempre terá um melhor ganho caso não colabore, independentemente do que o outro agente escolher (de 1 ano para livre, ou de 3 anos para 2 anos). Porém, o resultado de uma cooperação mútua é melhor que ambos os agentes não cooperarem (de 2 anos para 1 ano). A versão iterada deste jogo consiste em ambos os agentes continuarem a jogar o mesmo jogo múltiplas vezes, com a diferença de que eles sempre sabem qual foi a escolha do outro agente na rodada passada, podendo assim, alterar sua estratégia dependendo das escolhas de seu oponente. Portanto cada jogador terá uma quantidade de turnos igual ao de seu adversário em que ele pode realizar uma das duas escolhas pré-definidas.

Axelrod e Hamilton (1981) realizaram um torneio aberto para determinar a melhor estratégia para o problema do dilema do prisioneiro iterativo. Esse torneio demonstrou como um comportamento cooperativo pode surgir de agentes auto-interessados quando eles adotam atitudes recíprocas uns com os outros. Algumas das características do sistema do torneio foram: agentes estão interessados somente em maximizar sua utilidade; agentes interagem repetidamente por um longo período; todas as iterações são idênticas (os agentes jogam o mesmo cenário todas as vezes); agentes podem identificar outros agentes e podem guardar um histórico de interações com aquele agente; agentes utilizam estratégias puras (agentes não mudam a estratégia baseado no modelo do oponente).

Em Sen (1996), o autor realiza um novo experimento, desta vez focando no aspecto da reciprocidade. O autor desenvolveu um cenário onde os agentes devem entregar pacotes, e podem escolher pedir ajuda para o outro agente entregar o seu próprio pacote se souberem que o outro agente levará um pacote para um local próximo. Algumas das características levantadas pelo autor, que diferem do dilema do prisioneiro iterado são: interações assimétricas e o uso de cenários não-idênticos. Ambas características presentes na negociação persuasiva com argumentos retóricos.

A conclusão importante deste autor é que em condições ambientais apropriadas, um grupo de agentes podem atingir uma utilidade total muito próxima do máximo possível.

2.2 TEORIA DE JOGOS APLICADO À ARGUMENTAÇÃO

Múltiplos autores já atacaram o problema da argumentação estratégica através do uso da teoria de jogos, se utilizando de diversos conceitos, como o equilíbrio de Nash, estratégia dominante, eficiência de Pareto, entre outros. Contudo, dentre os estudos pesquisados, em sua maioria, utilizam de técnicas similares entre si, uma árvore de decisões com heurística (ROTH *et al.*, 2007)(RAHWAN, 2015)(DEVEREUX; REED, 2010)(DZIUDA, 2011)(THIMM, 2014)(RIENSTRA *et al.*, 2013). Este fato é até mencionado por Rienstra *et al.* (2013), sobre como as estratégias têm sido aplicadas aos agentes similarmente.

O uso da característica de reciprocidade, porém, da forma como ela é analisada em teoria de jogos, é pouco estudada em argumentação. Alguns dos estudos sobre reciprocidade em argumentação, apresentam significados diferentes dos estudados nesta dissertação. Sendo encontrado trabalhos que se referem a reciprocidade como uma ferramenta utilizada pelo campo da argumentação filosófica, que se utilizam de propriedades transitivas para a criação de novos argumentos (GRASSO, 2002). Alguns até mesmo identificam a reciprocidade como um aspecto chave na argumentação de negociação, mas se referem somente ao quesito de ambos os agentes concederem para finalizarem um diálogo (DUNG *et al.*, 2008). A reciprocidade também está intimamente ligada ao estudo da confiança entre agentes, embora nesses estudos, a reciprocidade é um aspecto considerado antes de um diálogo, baseando-se em negociações passadas para calcular a confiança, para então reciprocamente uma cooperação ou deserção (STRANDERS, 2006).

Diferentemente, este trabalho vê os diálogos como únicos e fechados, portanto um agente não trará informações de negociações passadas para a nova negociação. Assim, não há como um agente estabelecer relações de confiança armazenadas ao longo de múltiplas interações. A vantagem desta abordagem é que não se torna necessário a modelagem do cálculo de confiança.

2.3 DEFINIÇÕES BÁSICAS

Nesta seção será apresentada as definições necessárias para a modelagem proposta, e para a realização dos experimentos descritas nos próximos capítulos.

2.3.1 *Framework* de Argumentação Bipolar com Pesos

O modelo que utilizaremos é uma extensão do *Framework* de Argumentação abstrata clássica de Dung (DUNG, 1995), chamado *Framework* de Argumentação Bipolar com Pesos (AMGOUD; BEN-NAIM, 2018), baseado no *Framework* de Argumentação com Pesos (DUNNE *et al.*, 2011) (CAYROL *et al.*, 2010) e nos *Frameworks* de Argumentação com relação de Suporte (BUDÁN *et al.*, 2017) (CAYROL; LAGASQUIE-SCHIEX, 2005) (OREN, 2008) (BREWKA; WOLTRAN, 2010) (BOELLA *et al.*, 2010) (NOUIOUA; RISCH, 2010), essa extensão associa ataques com um valor numérico chamado peso, indicando a força relativa do ataque. Uma propriedade do framework bipolar com pesos, em vez de valor (BENCH-CAPON, 2002) ou preferência (AMGOUD; CAYROL, 2002), é a sua propriedade de somar os valores totais dos ataques a um argumento.

Primeiramente introduziremos os conceitos básicos referentes ao *Framework* de Argumentação Bipolar com Pesos, doravante chamado FABP, e o *Framework* de Argumentação de FA. As definições apresentadas são baseadas no trabalho de Amgoud e Ben-Naim (2018) com ajustes realizados no mínimo e máximo de peso para a sua representação em uma simulação computadorizada, e também limitando o limite máximo da cadeia de ataques secundários para evitar que uma simulação possa entrar em *loop* infinito.

Definição 1 (Pesos). Pesos em um conjunto X é uma função de X , em que o valor se restringe aos números inteiros entre $[-100, 100]$.

Definição 2 (Ataques e Suportes). Seja A um conjunto finito de argumentos e $x, y \in A$.

- Se o peso de uma relação entre x e y no intervalo de $[-100, -1]$, então x ataca y . Uma relação em que x ataca y será representado por xRy ;
- Se o peso de uma relação entre x e y é igual a 0 , então não há ataque ou suporte entre x e y ;
- Se o peso de uma relação entre x e y no intervalo de $[1, 100]$, então x dá suporte a y . Uma relação em que x dá suporte a y será representado por xSy .

Definição 3 (FABP). Um *Framework* de Argumentação Bipolar com Pesos é uma quádrupla $FABP = \langle A, P \rangle$, onde A é um conjunto finito de argumentos, P sendo os pesos de A , em que $P \subseteq A \times A$.

Definição 4 (Ataques Complexos). Dado um FABP= $\langle A, P \rangle$ e que $x, y, z \in A$.

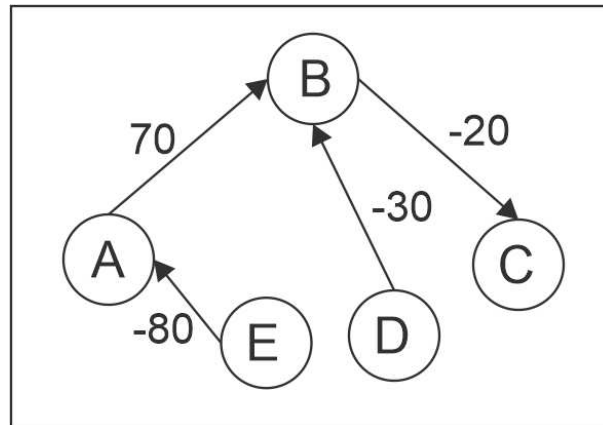
- Existe um ataque complexo do tipo suportado de x para z se xSy e yRz ;
- Existe um ataque complexo do tipo secundário de x para z se xRy e ySz .

Os ataques complexos definem as interações que ocorrem entre argumentos que possuem relações de ataque e suporte.

Definição 5 (Características). Dado um FABP= $\langle A, P \rangle$ e que $EX \subseteq A$.

- EX é livre de conflito se, e somente se, $\nexists x, y \in EX$ tal que xRy ;
- EX é segura se, e somente se, $\nexists x, y, z \in A$ tal que: $x, y \in EX$, ySz ou $z \in EX$ e xRz ;
- EX é aceitável se todos os seus argumentos são defendidos. Um argumento $x \in EX$ é considerado defendido se, e somente se, para qualquer $y \in A$, se yRx , então existe um $z \in EX$ tal que zRy ;
- EX é admissível se, e somente se, o conjunto é livre de conflitos e é aceitável.

Figura 1 – Framework de Argumentação Bipolar com Pesos



Fonte: Autoria Própria

A Figura 1 apresenta um FABP que possui as características definidas. Livre de conflito denota os conjuntos que não possuem ataques entre si, considerando os ataques complexos que podem ocorrer. $\{A, C\}$, por exemplo, não forma um conjunto livre de conflitos, pois há uma relação de ataque complexo por B, onde A indiretamente ataca C ao atacar um argumento que dá suporte a C. $\{A, B\}$, porém, formam um conjunto livre de conflitos, já que a relação entre os argumentos é apenas de suporte.

Uma extensão segura é um conjunto de argumentação em que um argumento (mesmo que seja um argumento de fora da extensão) não pode receber suporte e ataque ao mesmo tempo por membros de dentro da extensão. Por exemplo, $\{A, D\}$ não formam um conjunto seguro, pois A dá suporte a B, enquanto D ataca B. Esse conjunto não é seguro considerando suas relações com B. Seguro também engloba os conjuntos livres de conflito, portanto o conjunto $\{A, E\}$ que não é livre de conflito também não é considerado seguro. Um exemplo de um grupo seguro seria o $\{C, D, E\}$, que são livre de conflito e não dão suporte para um argumento que eles atacam.

Aceitável denota os conjuntos de argumentos que se defendem de ataques externos. Nesse caso, D defende o argumento C, pois ele ataca o argumento B, que ataca o argumento C. No entanto, o argumento C não está completamente defendido, pois, o argumento A indiretamente ataca C. O conjunto $\{C, D, E\}$, portanto, pode ser considerado um conjunto aceitável, pois D defende C de B, e E defende C de A.

Outra característica que será mencionada na implementação é a não-neutralidade, definido por Baroni *et al.* (2011) como a proibição da existência de argumentos não decididos, mas para isso, antes devemos definir rótulos.

Definição 6 (Rótulos). Rot é um rotulamento de um FABP= $\langle A, P \rangle$ se, e somente se:

- Para todo $a \in A$, $\text{Rot}(a) = \text{"dentro"}$ se, e somente se para todo $b \in A$ tal que bRa , $\text{Rot}(b) = \text{"fora"}$;
- Para todo $a \in A$, $\text{Rot}(a) = \text{"fora"}$ se, e somente se $\exists b \in A$ tal que bRa , e $\text{Rot}(b) = \text{"dentro"}$;
- Para todo $a \in A$, $\text{Rot}(a) = \text{"não é decidido"}$ se, e somente se $\text{Rot}(a) \neq \text{"dentro"}$, e se $\text{Rot}(a) \neq \text{"fora"}$.

Definição 7 (Não-Neutralidade). Seja Rot os Rótulos de uma FABP, uma semântica é não-neutra se, e somente se, $\nexists x$, tal que $x \in \text{Rot}$, e x não é decidido.

Definição 8 (Semânticas FABP). Dado um FABP= $\langle A, P \rangle$ e $EX \subseteq A$.

- EX é uma extensão da semântica estável se, e somente se, EX é livre de conflito, e para qualquer x que não pertence a EX, existe um $y \in EX$, tal que yRx ;
- EX é uma extensão da semântica d-preferida se, e somente se, EX é maximal entre os conjuntos que são livre de conflitos e defendem todos os seus elementos;

- EX é uma extensão da semântica *s-preferida se*, e somente se, EX é maximal entre os conjuntos que são seguros e defendem todos os seus elementos;
- EX é uma extensão da semântica *grounded se*, e somente se, EX é minimal entre os conjuntos da semântica admissível.

O *Framework* de Argumentação com pesos é útil para o nosso problema, pois em um diálogo entre dois agentes com interesses diferentes, é importante que haja somente uma única interpretação possível do diálogo, já que o nosso agente que intermedia o diálogo deve ser o mais imparcial possível. Várias das semânticas definidas possuem diversas extensões válidas, isso ocorre devido à falta de preferência entre argumentos. Esse problema é aliviado com o uso de pesos, os quais ajudam a desempatar diferentes extensões da mesma semântica. Utilizando pesos de 1 a 100, as chances de empate reduzem para 1 de cada 100 casos de um único argumento, e ainda menor em casos com múltiplos argumentos. Mais informações de como as semânticas foram selecionadas podem ser encontradas na seção 3.1.

2.3.2 Argumentos Retóricos

Para os agentes atingirem seus objetivos no diálogo, sendo o agente proponente com o objetivo de persuadir, e o agente oponente com o objetivo de não ser persuadido, os agentes terão argumentos retóricos do tipo ameaça e recompensa. Os argumentos retóricos são embasados pelos argumentos propostos por Sycara (1990).

Em um diálogo entre agentes, uma ameaça é um tipo de argumento de natureza negativa caracterizado por uma punição contra um agente que não aceite uma proposição. Esse é um exemplo de um diálogo com uma ameaça:

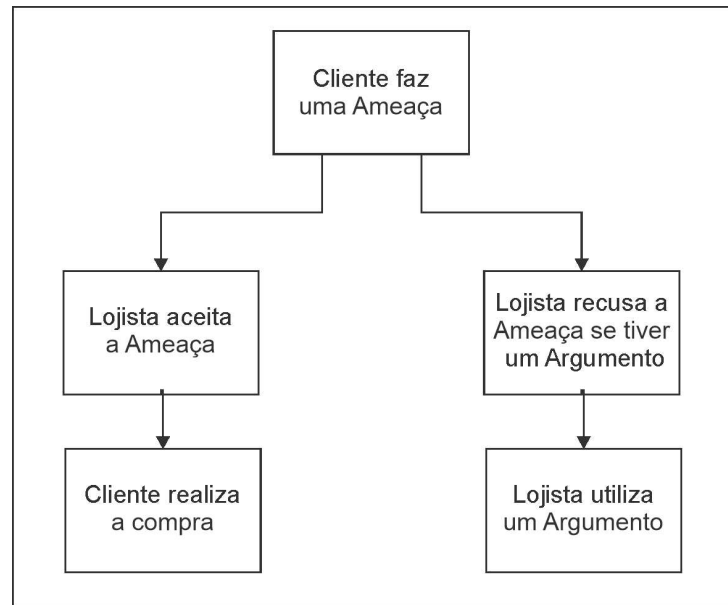
CLIENTE : (*Objetivo de Desconto*) Gostaria de um desconto no preço deste produto.

LOJISTA : (*Ataque ao Objetivo de Desconto*) Não posso dar esse desconto.

CLIENTE : (*Ameaça ao Objetivo do Lojista de Vender*) Se não me der um desconto, não comprarei aqui.

A Figura 2 apresenta um fluxograma das possíveis consequências da ameaça efetuada pelo cliente. Uma ameaça é um movimento danoso, e com um caráter negativo, pois ele coloca os objetivos de outro agente em risco para poder alcançar os próprios. Entretanto, é importante

Figura 2 – Fluxograma das Consequências da Ameaça.



Fonte: Autoria própria.

notar que mesmo para um ambiente cooperativo, é possível que a melhor opção seja avançar um objetivo mais importante em detrimento de outros objetivos menos importantes. Neste caso, se o Lojista aceitar a ameaça, o cliente realizará a compra, mas se ele recusar a ameaça, deverá apresentar um argumento que justifique a sua recusa, ou será considerado como persuadido.

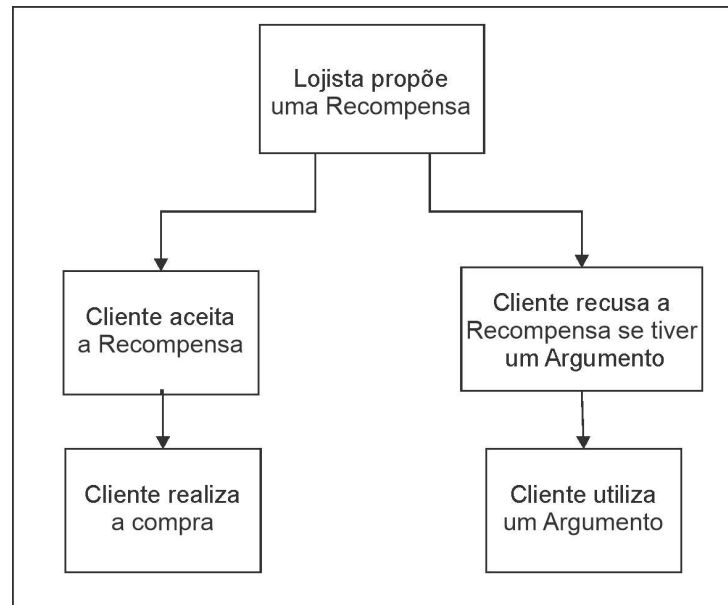
Uma recompensa pode ser considerada o oposto de uma ameaça, a situação onde o agente bonifica outro agente caso ele aceite sua proposição. Um exemplo de recompensa:

CLIENTE : *(Objetivo de Frete Rápido)* Gostaria de frete rápido nesta compra.

LOJISTA : *(Oferece uma Recompensa ao Objetivo de Frete Rápido do Cliente)* Se você comprar dois, te darei frete rápido de graça.

A Figura 3 apresenta um fluxograma das possíveis consequências da recompensa oferecida pelo lojista. A recompensa é um movimento cooperativo, e com um caráter benevolente, pois oferece ao outro agente uma ajuda em troca dele aceitar a proposta. Uma vantagem de um ambiente sem ameaças, e só com recompensas, é que os agentes avançam os objetivos sem o risco do avanço de um ser barrado ou retrocedido por outro agente. Neste caso, os papéis estão invertidos, mas o fluxograma se mantém similar. Se o cliente aceitar a recompensa, ele realizará a compra, mas caso recuse a recompensa do lojista, deverá utilizar um argumento que justifique a recusa.

Figura 3 – Fluxograma das Consequências da Recompensa.



Fonte: Autoria própria.

2.3.3 Força dos Argumentos

A força de um argumento é o resultado de um cálculo que utiliza o peso como uma de suas variáveis. O modelo de cálculo de força de Morveli-Espinoza *et al.* (2020), se utiliza dos estados de objetivos do modelo BBGP (Belief-based Goal Processing) de Castelfranchi e Paglieri (2007). Baseado no modelo BDI de Bratman (1987), o modelo BBGP implementa um sistema de processamento de objetivos, que utiliza para determinar a força de um argumento.

De acordo com o trabalho de Sycara (1990), a estratégia é começar pelo argumento mais fraco e escalar para o mais forte, porém a autora considera que o agente será capaz de recorrer infinitamente até o seu argumento ser aceito. Levando em consideração as condições de parada estabelecidas em subseção 3.1.3, o qual considera importante a quantidade de vezes que um agente tenta apresentar um argumento, iremos utilizar o modelo de cálculo de argumento escolhendo os argumentos em ordem decrescente de força, do mais forte para o mais fraco.

2.4 MAPEAMENTO DE TEORIA DE JOGOS PARA ARGUMENTAÇÃO

O conceito inicial do uso da reciprocidade vem da teoria de jogos com Axelrod e Hamilton (1981), e não da teoria de argumentação. Contudo, utilizando um mapeamento da argumentação abstrata para teoria de jogos de Rahwan e Larson (2008), é possível adaptar os problemas e as estratégias de teoria de jogos para a argumentação abstrata.

Tabela 3 – Argumentação Abstrata como Design de Mecanismo

Conceito de Design de Mecanismo	Instância de Design de Mecanismo para Argumentação
Tipo de Agente	Argumentos do Agente
Saída	Argumentos Aceitos
Utilidade	Preferências sobre os argumentos aceitos
Função de Escolha Social	Semântica
Mecanismo	Estratégia de Argumentação
Mecanismo Direto	Agente revela todos os argumentos
Revelação da Verdade	Apresentar um Argumento

Fonte: Adaptado de Rahwan e Larson (2008)

A Tabela 3 apresenta o mapeamento realizado. A partir dele, adaptamos o Tit-for-Tat (também chamado de TFT, ou traduzido para português: "olho-por-olho") utilizado em Axelrod e Hamilton (1981), focando no conceito de reciprocidade. Estudado por Sen (1996), a reciprocidade pode ser genericamente apresentada como a característica de utilizar o mesmo tipo de movimento de seu oponente. No contexto de seu trabalho, os agentes poderiam escolher pedir ajuda e ajudar agentes com problemas diferentes, agregando pesos à ajuda concedida. Similarmente, não utilizaremos a ideia do dilema do prisioneiro da existência de apenas dois movimentos possíveis, mas sim categorias de movimentos possíveis onde os agentes podem escolher utilizar segundo suas estratégias.

3 MODELO DO DIÁLOGO DE PERSUASÃO E ESTRATÉGIAS

Nesta seção serão apresentados os modelos do diálogo, da estratégia de argumentação proposta, e das semânticas a serem utilizadas na experimentação.

3.1 MODELO DO DIÁLOGO

Para analisar e comparar como a reciprocidade afetará o diálogo sob os diferentes cenários possíveis, assim como o entendimento sobre como as escolhas de semânticas de argumentação afetam o resultado das estratégias, serão feitos testes empíricos.

Assim como pode ser visto na Figura 4, o sistema do diálogo consistirá de dois agentes. Cada agente adotará uma estratégia, podendo ela ser igual ou diferente da estratégia de seu adversário. Os agentes utilizarão a mesma estratégia durante todas as rodadas da negociação persuasiva. O sistema então adotará uma semântica para validar os argumentos enviados de cada agente, neste trabalho, nós escolheremos as semânticas para os testes. Assim que o proponente fizer a primeira proposta, os dois agentes entrarão em um ciclo de argumentação até que um dos agentes não consiga contra-argumentar. As condições para a contra-argumentação é descrita com mais detalhes na subseção 3.1.3.

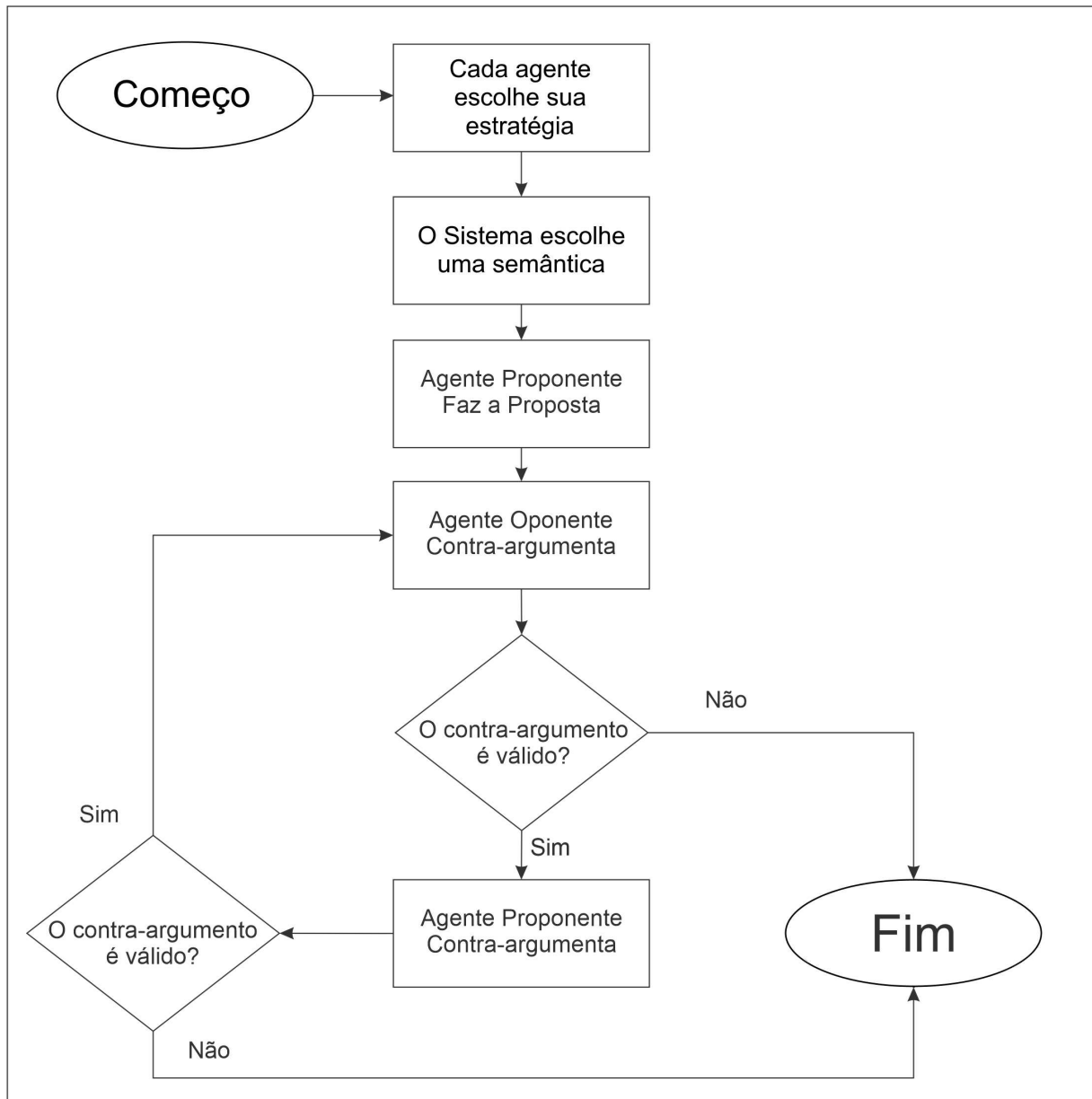
3.1.1 *Framework* de Argumentação e Argumentos

O FABP implementado é composto pela proposta inicial do proponente, e os argumentos de cada agente. Há também os objetivos de cada agente, mas não são considerados para o cálculo da extensão do FABP.

A Figura 5 possui um exemplo de um FABP. As linhas contínuas representam ataques, enquanto as linhas tracejadas representam uma relação de suporte. Os objetivos de cada agente são modelados, porque eles são importantes para determinar quais foram atacados e quais foram suportados. Os objetivos de 1 a 5 são objetivos do proponente, enquanto os objetivos de 6 a 10 são objetivos do oponente.

A proposta é o primeiro argumento a aparecer em nosso FA, pois assim como explicado anteriormente, esse será o gatilho para o diálogo da persuasão. Os argumentos utilizados na implementação do diálogo serão gerados automaticamente, sempre seguindo um conjunto de

Figura 4 – Fluxograma do Modelo do Diálogo.

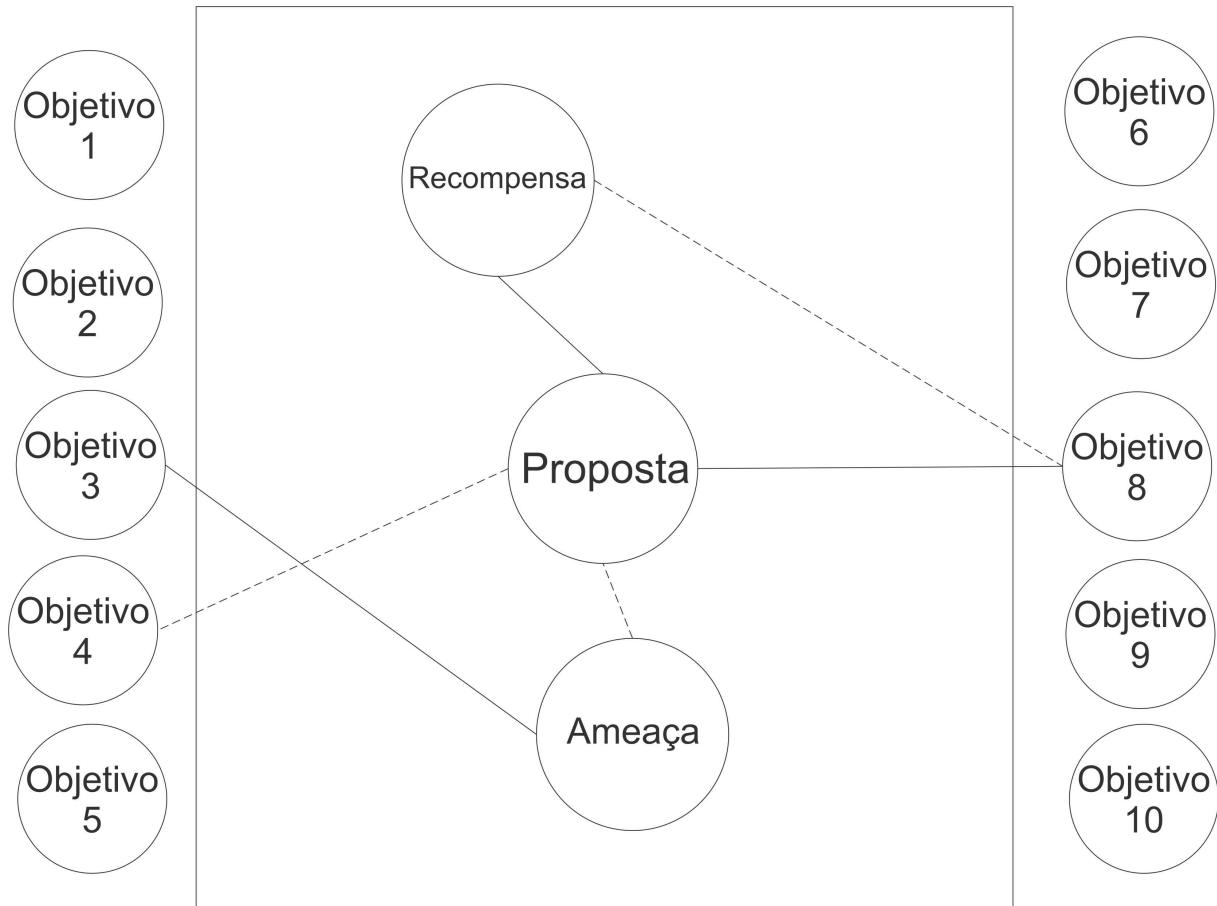


Fonte: Autoria própria.

regras para a sua geração:

- proposta: a proposta é um argumento que possui uma relação de ataque contra um objetivo do oponente e uma relação de suporte a um objetivo próprio. A proposta é construída dessa forma para que haja a necessidade de persuasão, pois um agente não possuirá motivo para rejeitar uma proposta se essa proposta só ajuda os seus objetivos. O proponente sempre começa o diálogo com uma proposta, e só haverá uma proposta durante toda a persuasão;
- pesos: os argumentos podem atacar ou suportar outros argumentos, assim como com os objetivos. Cada uma dessas interações entre um argumento e outro recebe um peso que

Figura 5 – Exemplo de Framework de Argumentação.



Fonte: Autoria própria.

determina o quão forte é essa relação de ataque ou suporte. O valor desses pesos é definido de forma aleatória;

- argumentos: todos os argumentos gerados possuem relação com a proposta. O proponente então terá apenas argumentos que dão suporte à proposta, enquanto o oponente possuirá somente argumentos que atacam a proposta;
- ameaças: as ameaças são qualquer argumento que ataque diretamente um objetivo de seu adversário;
- recompensas: as recompensas são qualquer argumento que dê suporte a um objetivo de seu adversário;
- relação entre argumentos: as possíveis relações de ataque e suporte entre os argumentos são geradas aleatoriamente. A princípio, os argumentos de um agente são gerados para atacar os argumentos de seu adversário, enquanto possui uma relação de suporte com outros argumentos do mesmo agente. As relações são geradas dessa forma para prevenir

que um agente acredite em uma contradição, onde o agente utiliza argumentos que atacam seus próprios argumentos. A probabilidade dessas relações existirem, porém, será definida de forma estocástica e gradual para cada caso a ser analisado;

- sem recursividade: um argumento gerado aleatoriamente não possuirá ataque ou suporte para si mesmo;
- agente centralizador: um agente neutro e imparcial que tem como objetivo centralizar os argumentos utilizados e a realização do cálculo das extensões. Como uma analogia, este agente pode ser visto como uma mesa no qual os agentes irão colocar seus argumentos.

Um passo-a-passo de um diálogo pode ser encontrado no Apêndice C.

3.1.2 Semântica

As semânticas Dung Preferida (*d-preferred*), Safe Preferida (*s-preferred*), e Estável (*stable*) utilizadas neste trabalho são as provenientes do trabalho de Amgoud e Ben-Naim (2018). Além dessas, também será proposta a semântica Side Preferida, utilizando a Dung Preferida como base. As características apresentadas estão presentes no trabalho de semânticas de Baroni *et al.* (2011).

Tabela 4 – Tabela de Características das Semânticas

	Livre de Conflito	Defesa	Seguro	Não-Neutralidade	Lateralidade	Maximal
Dung Preferida	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Safe Preferida	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Side Preferida	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Estável	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não

Fonte: Autoria própria.

A característica da Lateralidade, é uma das contribuições deste trabalho e é definida da seguinte forma:

Definição 9 (Lateralidade). Para todo $x, y \subseteq EX$, e z a proposta inicial. Se $xRz, \nexists ySz$.

Mesmo com essas características, as semânticas apresentadas não garantem que haja uma única extensão possível, o que é desejável para que não haja empates na argumentação. Para decidir então qual extensão será utilizada, uma das métricas de desempate será o peso dos argumentos. A extensão que possuir os argumentos com o maior peso total que ataca ou dá suporte à proposta, portanto, terá preferência como critério de desempate. Na rara eventualidade de ainda existir um empate, será escolhida a que vier antes na ordem da lista de extensões.

O cálculo para decidir o maior peso total é dado pela soma dos pesos das relações entre os argumentos e a proposta inicial.

3.1.3 Condição de Parada

A condição de parada é o que define se um contra-argumento é válido, assim como foi apresentado pela Figura 4. Se um para um contra-argumento ser considerado válido, ele deve obedecer as seguintes condições:

- novo: um argumento é considerado inválido se ele já tiver sido utilizado no *Framework*;
- relevante: um argumento é considerado relevante se a sua presença no *framework* altera o conjunto de argumentos da extensão escolhida;
- limite de tentativas: se após um número de argumentos que o agente enviar, este agente não utilizar um argumento válido, o sistema obriga o agente a realizar uma concessão.

3.1.4 Agente

Os itens abaixo descrevem o conhecimento do agente.

- visão do agente: um agente tem conhecimento de seus próprios argumentos, bem como os argumentos enviados e como eles se relacionam com a proposta e os objetivos;
- estratégia pura: o agente definirá uma estratégia no começo do diálogo e não alterará sua estratégia durante a negociação, como o objetivo deste trabalho é testar as estratégias, não é de interesse do trabalho que os agentes alterem as suas estratégias durante uma negociação;
- objetivos do agente: cada agente possuirá uma quantidade de objetivos que podem ser atacados ou suportados pelo seu adversário.

3.2 ANÁLISE DE VARIÁVEIS DO SISTEMA

Durante o desenvolvimento do estudo, devemos conseguir identificar e analisar os possíveis pontos de enviesamento, pois devemos ao máximo de nossas capacidades anulá-los ou refletirmos sobre como eles podem influenciar os nossos resultados.

As variáveis analisadas serão divididas em duas categorias, cada categoria sendo uma etapa do processo utilizado para se produzir os dados empíricos.

3.2.1 Regras de Geração de Cenários

Durante o processo de geração de cenários, há muito espaço para se fabricar dados que enviesam os resultados. Aqui listaremos as variáveis encontradas e como trabalharemos com elas.

- argumentos com pesos aleatórios: para evitar que sejam intencionalmente utilizados cenários que beneficiam uma estratégia ou semântica, os argumentos serão gerados de forma primariamente aleatória, respeitando as definições estabelecidas no capítulo anterior e nos critérios definidos neste capítulo;
- percentagem de relação entre argumentos: quanto mais relações um argumento possuir com outros argumentos, mais relevante ele se torna para uma argumentação, e para poder analisar o seu impacto sobre o sistema, essa será uma das variáveis analisadas durante o experimento. Para analisar o enviesamento possível dessa variável, será realizado um experimento alterando-a de 0% a 100%, respeitando as regras de geração de cenário;
- quantidade de argumentos: a quantidade de argumentos que os agentes possuem podem influenciar grandemente o resultado, pois com uma quantidade maior de argumentos disponíveis, uma estratégia que ordenar melhor seus argumentos poderá se destacar mais sobre as outras. Entretanto, essa variável possui um problema de escalabilidade. O cálculo de semânticas requer que analisemos todas as combinações possíveis de argumentos, tornando a dificuldade do problema em escala combinatorial. Neste estudo utilizaremos árvores n-árias para reduzir a quantidade de cálculos necessários, porém com o equipamento utilizado apresentado pelo Apêndice B, não é factível calcular problemas com muito mais de 20 argumentos totais, sendo 10 de cada agente.
- proposta: esse argumento que desencadeia o processo de persuasão é importante, pois ele pode ser considerado como um argumento inicial que o proponente utiliza, portanto, quanto maior o impacto sobre o FABP da proposta, maior a vantagem que o proponente tem na persuasão. De modo a mitigar essa variável, a proposta deverá interferir o mínimo

possível no FA, dessa forma, a proposta possuirá somente um ataque a um objetivo do oponente em benefício de algum objetivo do proponente;

- argumentos retóricos: em nosso estudo, compararemos o efeito de estratégias baseadas em reciprocidade com outras estratégias já existentes. Para que o uso de reciprocidade faça sentido, devemos ter argumentos com características que sejam facilmente categorizadas, por isso utilizaremos somente argumentos retóricos de ameaça e recompensa, mas reconhecemos que podem existir mais categorias de argumentos além das recompensas que possuem um aspecto positivo e as ameaças que possuem um aspecto negativo. Como uma análise primária da reciprocidade, manteremos a questão da classificação de argumentos de fora do estudo e ficaremos apenas com as duas categorias de argumentos mencionadas;
- argumentos irrelevantes: para incentivar as estratégias a escolher melhor os próprios argumentos, serão estocasticamente escolhidos argumentos para se tornarem irrelevantes. Argumentos irrelevantes serão argumentos com pesos zero, portanto, não afetam nenhuma semântica. Para esta variável será utilizado o valor de 20% para todos os testes.

3.2.2 Aplicação do Sistema de Diálogo

A aplicação do sistema tem como escopo toda a etapa de funcionamento e condições de parada do sistema. Aqui listaremos as variáveis encontradas e como trabalharemos com elas.

- condição de parada: apesar de já mencionarmos os motivos das escolhas das condições de parada em subseção 3.1.3, elas criam limitações, como o impedimento de se utilizar múltiplas vezes um mesmo argumento. Isso é importante para sistemas que utilizam recursos como uma moeda de troca, por exemplo, o argumento “se fizer X, eu te dou 50 reais” é um argumento que utiliza quantidade de recursos e poderia ser utilizado múltiplas vezes, mas não contemplado neste trabalho;
- objetivos: os objetivos de cada agente no sistema não fazem parte dos argumentos para a etapa de contagem na maximização de extensões das semânticas. Isso impede que argumentos que ataquem mais de um objetivo esteja em um nível de argumento superior a de outros argumentos que atacam apenas um objetivo. Entretanto, o problema maior é a questão de cálculo das semânticas, assim como mencionado anteriormente, o cálculo é combinatorial, portanto, se considerarmos os objetivos como argumentos para o cálculo de

semânticas, a quantidade de extensões a serem calculadas cresce exponencialmente, o que tornaria o nosso problema intratável para o equipamento em posse;

- escolha de semântica: a semântica diretamente influencia na escolha de argumentos, portanto, no resultado de persuasão dos agentes. Dessa forma, a semântica será uma das principais variáveis a serem analisadas neste estudo;
- escolha de extensão: no caso de semânticas que possuem múltiplas extensões, é possível que haja extensões onde o agente oponente foi persuadido e outras em que ele não foi. Para reduzir os empates, o FABP nos possibilita analisar qual agente utilizou argumentos com mais peso para poder selecionar a extensão que possua mais peso em relação à proposta. Contudo, nos raros casos em que existam múltiplas extensões válidas empatadas com o maior peso, a escolha é definida aleatoriamente.

3.3 ESTRATÉGIAS

Nesta seção serão apresentadas as estratégias a serem utilizadas neste trabalho. Cada estratégia empregará a sua forma única de determinar qual argumento será utilizado a cada momento, dependendo da estratégia, poderá ser tanto por decisão arbitrária, ou por cálculo de peso e aplicação de heurísticas.

- tit-for-tat: essa estratégia, que emprega o uso da reciprocidade, é uma adaptação da estratégia de mesmo nome na literatura de teoria de jogos. O tit-for-tat segue as regras de benevolência: o agente nunca começa com um movimento de caráter negativo para com seu adversário, e segue também as regras de reciprocidade: o agente sempre que possível, irá contra-argumentar com um argumento do mesmo tipo. Uma ameaça será retribuída com uma ameaça, e uma recompensa com outra recompensa;
- strongest: adaptado do trabalho de Morveli-Espinoza *et al.* (2020) e Sycara (1990), esta estratégia utiliza um cálculo baseado na força do argumento combinado com o estado do objetivo de seu oponente. No entanto, neste estudo não lidamos com diferentes estados de objetivo dos agentes, portanto o cálculo se baseia na força do argumento, com o estado do objetivo de seu oponente sendo aleatório. Como o estado do objetivo de seu oponente é aleatório, o peso final que um argumento tem sobre o seu oponente pode ser diferente do peso isolado do argumento. De forma simples, esta estratégia escolherá os argumentos

que possuïrem o maior peso em relação a algum objetivo de seu adversário, em ordem decrescente de peso;

- proposta ST: é uma variação da estratégia *Strongest*. Será proposta e utilizada uma variante da estratégia *Strongest*, porém ao invés de utilizar o peso do argumento em relação ao objetivo do adversário, esta estratégia utiliza o peso do argumento em relação à proposta inicial da argumentação sem levar em consideração a importância que um objetivo tem para o seu adversário. A finalidade desta estratégia é fazer com que a proposta esteja dentro (para o proponente) ou fora (para o oponente) da extensão escolhida. Esta estratégia também tira vantagem das condições de parada estabelecidas em subseção 3.1.3;
- aleatório: a estratégia aleatória terá como propósito formar uma base mínima de comparação com as outras estratégias. A conclusão é que se uma estratégia não for melhor que um agente que age de forma aleatória, não há motivos para se utilizar uma estratégia. Sendo assim, a única regra da estratégia aleatória é que a escolha de movimento do agente é como o próprio nome diz.

3.4 CRITÉRIOS DE ESTRATÉGIAS

Crítérios de estratégias é definida neste trabalho como as características que uma estratégia adota que afetam a sua tomada de decisão. São identificados neste trabalho os seguintes critérios:

- reciprocidade: critério de reciprocitar um movimento do adversário, observado por Axelrod e Hamilton (1981);
- benevolência: o agente nunca inicia uma negociação com um movimento que possa ser considerado negativo para o seu adversário, neste caso, o agente nunca inicia uma negociação com uma ameaça;
- peso: este critério significa que a estratégia utiliza o peso como forma de selecionar seus argumentos;
- força: a força é o resultado de um cálculo em que se utiliza o peso de um argumento, e uma estratégia com esse critério utiliza este cálculo como forma de escolher seus argumentos;

- aleatório: este critério diz que a estratégia decide seus argumentos de forma aleatória, sem a aplicação de heurísticas.

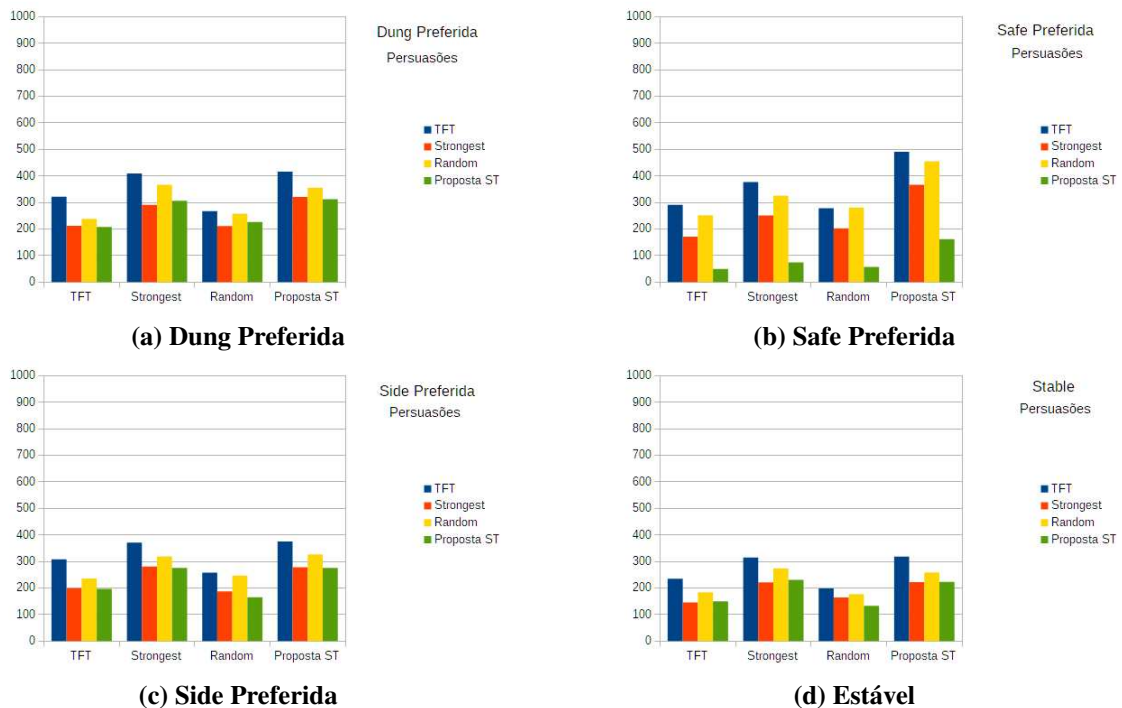
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos, assim como uma análise da comparação dos resultados. Serão ao total três rodadas de testes: a primeira serão testes simples realizados com parâmetros definidos de forma arbitrária, a segunda testará o enviesamento da percentagem de relação entre argumentos, e a terceira testará o enviesamento da quantidade de argumentos.

4.1 RESULTADOS DOS TESTES SIMPLES

Nesta seção serão apresentados os resultados dos testes realizados com os seguintes parâmetros de geração de cenários: cada agente possui 5 argumentos de cada tipo (5 ameaças e 5 recompensas), totalizando 20 argumentos entre os dois agentes; o limite de tentativas descrito na subseção 3.1.3 de cada agente é de 3 argumentos por contra-argumento. A Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9, e Figura 10 apresentam os resultados de 1000 simulações para cada par de estratégias para cada semântica.

Figura 6 – Persuasões alcançadas pelo Proponente



Fonte: Autoria Própria

A Figura 6 apresenta o resultado das persuasões das 1000 simulações, como somente é

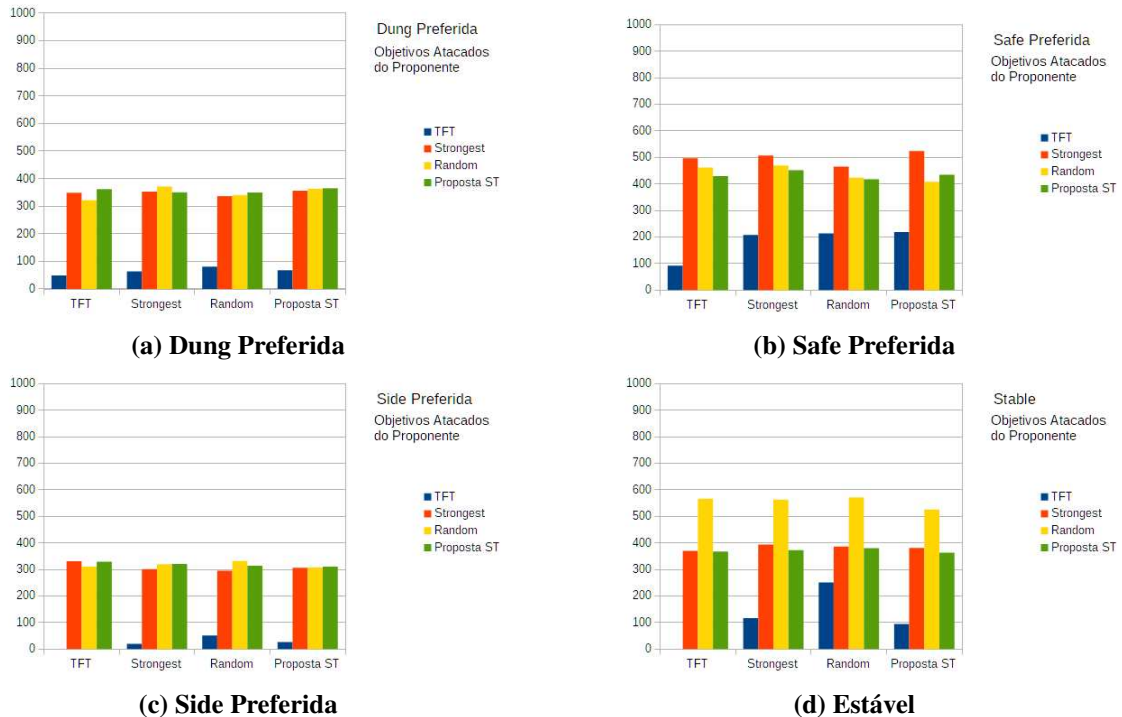
possível uma persuasão por encontro de negociação, o máximo total de persuasões é de 1000, pois para cada simulação, só é possível o agente proponente persuadir uma vez. O eixo horizontal apresenta qual a estratégia adotada pelo agente proponente, enquanto cada uma das 4 colunas acima dele representam a quantidade de persuasões com sucesso (uma persuasão com sucesso é quando a proposta inicial faz parte da extensão final escolhida, portanto o agente proponente consegue defender a sua proposta) contra cada uma das 4 estratégias (a ordem das estratégias é a mesma ordem que aparecem no eixo horizontal, a primeira coluna azul à esquerda representa a quantidade de vezes que o TFT persuadiu o TFT a aceitar a proposta, a coluna laranja ao lado representa a quantidade de vezes que o TFT persuadiu o *Strongest* a aceitar a proposta, a coluna amarela ao lado representa a quantidade de vezes que o TFT persuadiu o *Random* a aceitar a proposta, e finalmente a coluna verde ao lado representa a quantidade de vezes que o TFT persuadiu o Proposta ST a aceitar a proposta).

Em todas as semânticas, é possível observar que o TFT é mais facilmente persuadido quando comparado com as outras estratégias. As quatro colunas com valores mais baixos do TFT apresentam a dificuldade do TFT em persuadir as outras estratégias, e as colunas azuis com valores mais altos nos outros conjuntos de colunas demonstram a facilidade do TFT em ser persuadido. Podemos observar também que o desempenho do *Random* para a persuasão é visivelmente mais fraco que as estratégias *Strongest* e Proposta ST que escolhem seus argumentos baseados no peso.

Entre as semânticas, é possível observar que as semântica *Dung Preferida* e *Side Preferida* são as que mais favorecem o proponente em questão de persuasão por uma pequena margem, embora todas as semânticas apresentem uma persuasão baixa. Com exceção da estratégia Proposta ST, em que tem uma clara vantagem na semântica *Safe Preferida*. O motivo por qual isso ocorre é devido à ordem em que os agentes argumentam, como o agente proponente é sempre o segundo a utilizar um argumento após a proposta inicial, semânticas que exigem mais características, como seguro ou não-neutralidade, dificultam o contra-argumento do proponente. Como as negociações são sempre entre dois agentes, a característica da lateralidade da *Side Preferida* quase que não interfere no processo de escolha de argumentos quando comparado com a *Dung Preferida*.

A Figura 7 apresenta os objetivos atacados do agente proponente, com 5 objetivos e 1000 encontros de negociação, o máximo de objetivos atacados é de 5000. Assim como na análise da persuasão, o eixo X representa o agente proponente, enquanto cada uma das 4 colunas acima

Figura 7 – Quantidade de Objetivos Atacados do Agente Proponente



Fonte: Autoria Própria

dele representam a quantidade de objetivos atacados quando colocados para argumentar contra cada uma das 4 estratégias. Quanto maior a coluna, maior a quantidade de objetivos atacados do agente, portanto quanto menor o valor da coluna, melhor para o agente.

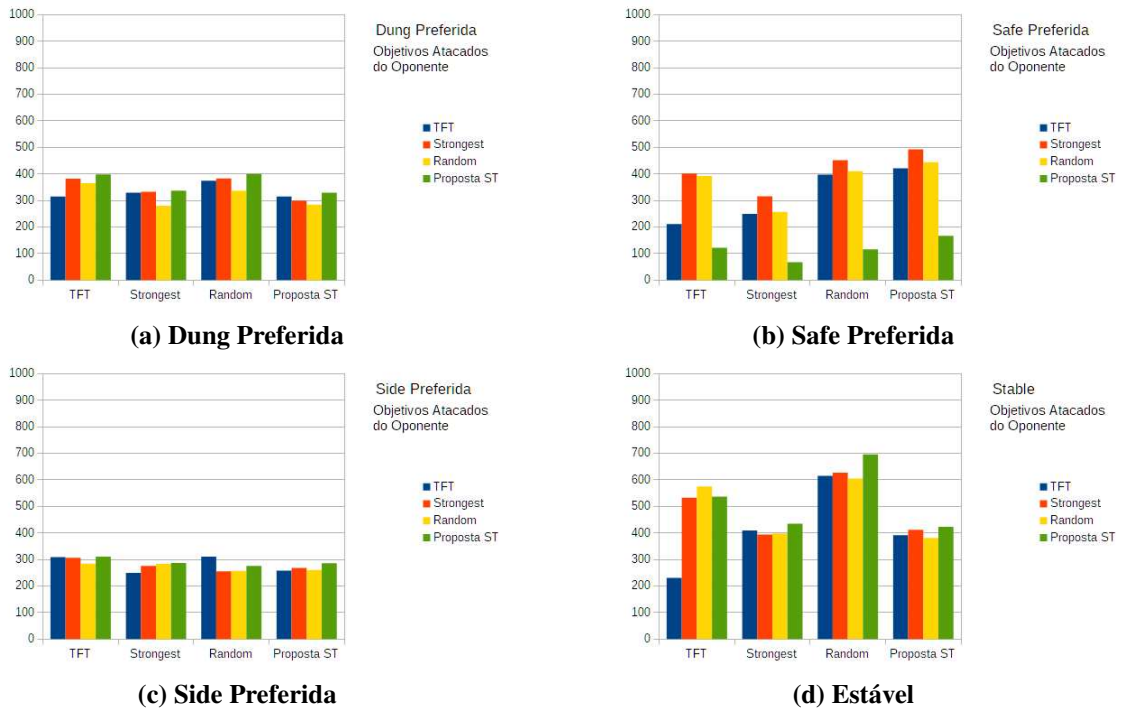
Entre as estratégias, nota-se que independente da semântica escolhida, a quantidade de objetivos atacados do proponente é reduzida quando esse agente argumenta com um TFT como oponente. Havendo pouca diferença entre as outras três estratégias no quadro geral. Com a única exceção da estratégia *Random* na semântica Estável, que aumenta significativamente a quantidade de objetivos atacados do proponente. Essa quantidade de objetivos reduzida se deve à questão da reciprocidade da estratégia TFT que evita atacar desnecessariamente. A quantidade de ataques que ela realiza é reduzida, o que reflete nos objetivos atacados de seus oponentes.

Entre as semânticas, é possível constatar que a *Side Preferida* preserva mais os objetivos do proponente em relação às outras semânticas. Com a semântica *Dung Preferida* com valores muito próximos. A *Safe Preferida* e a *Estável* apresentam maiores quantidades de objetivos atacados.

Um caso a ser notado é que o TFT contra o TFT na semântica *Side Preferida* será o único caso em que não há chances do proponente ter seus objetivos atacados, já que a lateralidade da semântica impede que um agente ataque seu próprio objetivo indiretamente por um ataque

secundário. Um ataque secundário a si mesmo normalmente ocorre quando um agente ataca uma recompensa que seu adversário utiliza, efetivamente o agente troca a recompensa que seu adversário ofereceu pela proposta inicial, tentando persuadir se for o proponente, ou não ser persuadido no caso do oponente.

Figura 8 – Quantidade de Objetivos Atacados do Agente Oponente



Fonte: Autoria Própria

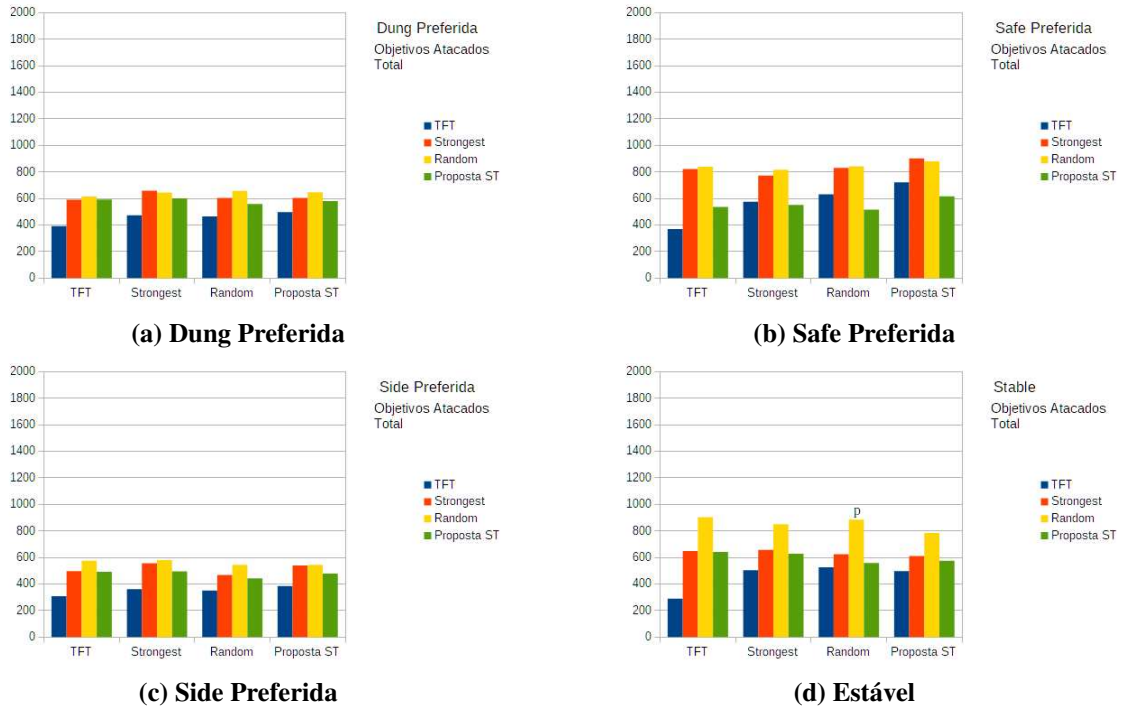
A Figura 8 apresenta os objetivos atacados do oponente. Com 5 objetivos cada oponente, e 1000 simulações, há um total máximo de 5000 objetivos a serem atacados. O gráfico é interpretado da mesma forma que os objetivos atacados do proponente. É importante notar que para um agente auto-interessado, não há vantagem direta em reduzir ou aumentar a quantidade de objetivos atacados de seu oponente, porém em um ambiente virtual com vários agentes realizando diversas negociações como essas, agentes que atacam demasiadamente os outros agentes implica em um ambiente em que os agentes têm uma dificuldade maior em completar seus objetivos.

Entre as estratégias, podemos perceber que, em geral, as estratégias apresentam valores similares de objetivos atacados do oponente. Nota-se a exceção na semântica *Safe Preferida*, onde a estratégia Proposta ST possui uma quantidade muito baixa de objetivos atacados do oponente, estima-se que isso ocorre devido ao alto desempenho da estratégia nesta semântica, que o faz persuadir com menos argumentos, portanto, menos objetivos atacados.

Comparando as semânticas, em geral, identificamos que a semântica *Side Preferida*

cancela menos os objetivos de seus oponentes. A *Dung Preferida* cancela significativamente mais que a *Side Preferida*. Já as semânticas *Safe Preferida* e a *Estável* cancelam mais os objetivos dos oponentes, com exceção da *Proposta ST* como oponente na *Safe Preferida*.

Figura 9 – Total de Objetivos Atacados



Fonte: Autoria Própria

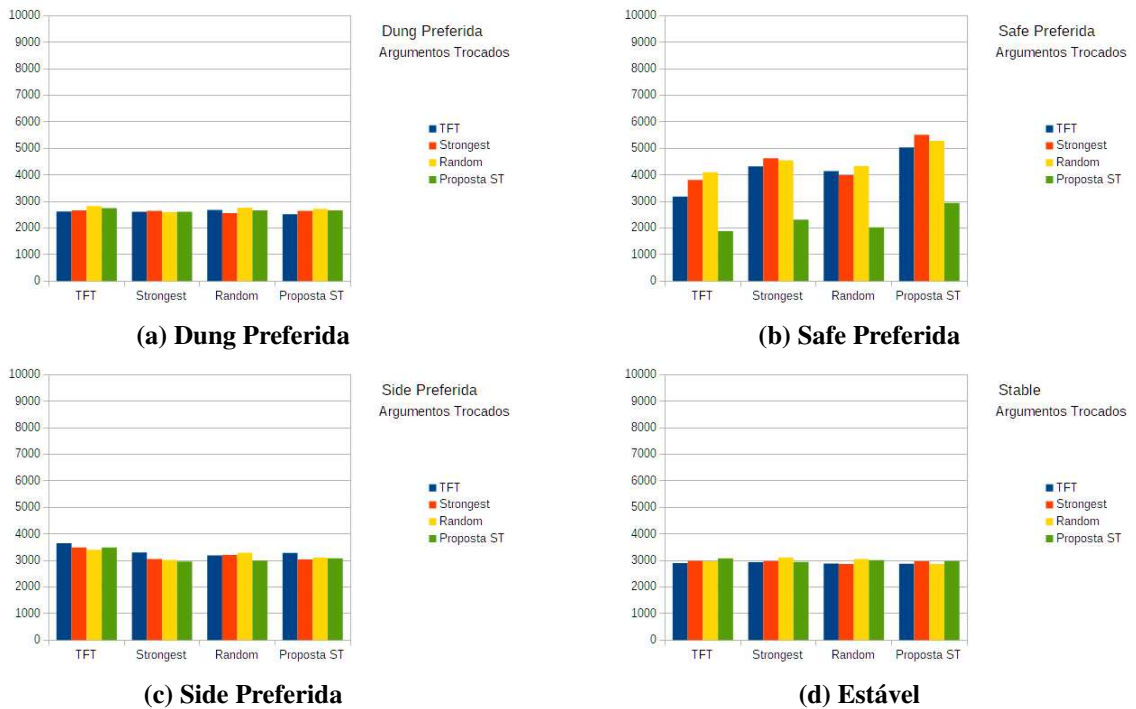
A Figura 9 apresenta a quantidade total de objetivos atacados entre os dois agentes. Com os agentes possuindo 10 objetivos em conjunto, em 1000 negociações de persuasão, o total máximo de objetivos atacados é de 10000. A forma de leitura dos gráficos é similar aos outros gráficos de objetivos atacados. Esse gráfico representa a perda de utilidade do ambiente, sendo a utilidade do ambiente a soma da utilidade de ambos os agentes, portanto quanto menor os valores deste gráfico, melhor.

Analisando as estratégias, podemos deduzir que o principal fator é a estratégia adotada pelo oponente. Sendo a TFT a estratégia que melhor preserva os objetivos, com as outras três estratégias com valores similares geralmente, sendo a *Proposta ST* boa na semântica *Safe Preferida*, e a estratégia *Random* particularmente pior na semântica *Estável*.

Comparando as semânticas, notamos que a *Side Preferida* é a que melhor preserva os objetivos dos agentes, seguida pela *Dung Preferida*, e então a *Estável*, e depois a *Safe Preferida*.

A Figura 10 apresenta a quantidade total de argumentos trocados entre os agentes. Cada agente possui 10 argumentos, em um total de 20 argumentos entre os dois agentes. Com

Figura 10 – Total de Argumentos Trocados



Fonte: Autoria Própria

1000 negociações de persuasão, temos um total máximo de 20000 argumentos que podem ser trocados. A leitura dos gráficos é similar à dos gráficos de persuasão e de cancelamento de objetivos. Sendo que quanto menos argumentos trocados, mais rápidos são os diálogos e os agentes dispõem de menos recursos de tempo e recursos computacionais, já que houve menos ciclos de contra-argumentação entre os agentes.

Embora tenham sido utilizadas estratégias diferentes, a quantidade de argumentos trocados é similar entre as estratégias, sendo o maior fator determinante a semântica escolhida. A exceção é a semântica *Safe* preferida, onde podemos notar que quando o oponente é a estratégia Proposta ST, a quantidade de argumentos trocados é menor.

A reciprocidade quase não afetou a quantidade de argumentos trocados, então pode-se observar que com a quantidade de argumentos utilizada e baixa persuasão, a restrição da reciprocidade afetou a qualidade dos argumentos utilizados. O que é de se esperar, já que o TFT pode acabar decidindo não utilizar um argumento mais forte, dando preferência ao tipo de argumento, ameaça ou recompensa.

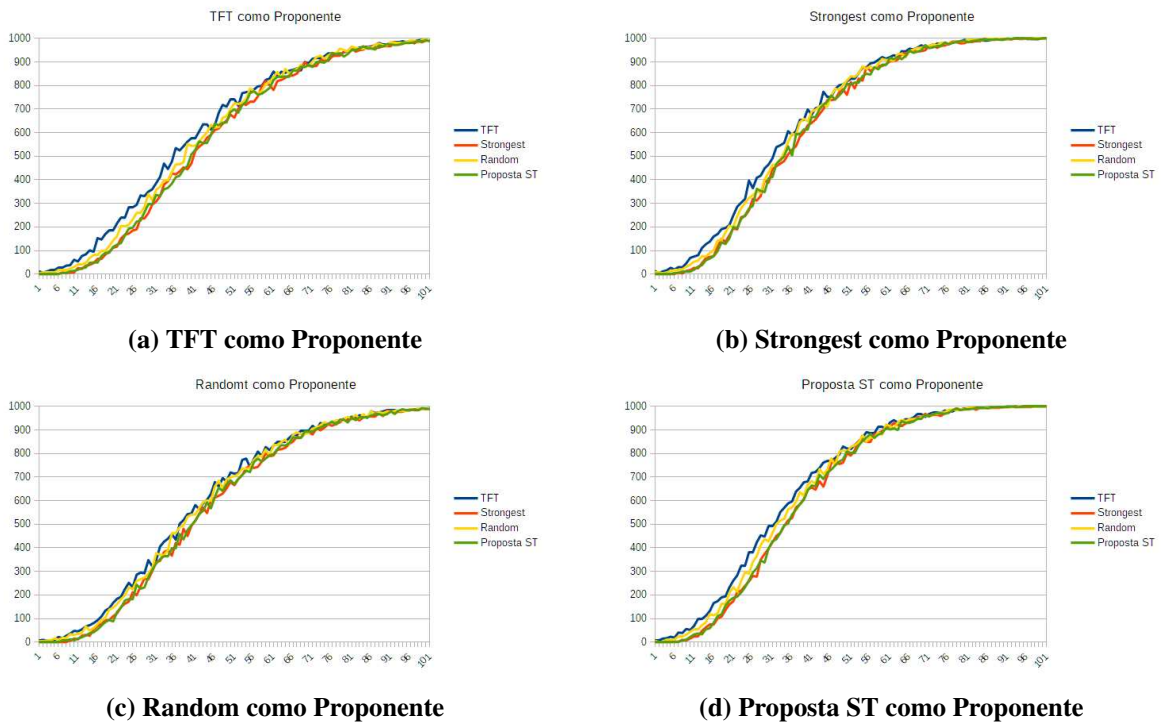
Em relação às semânticas, elas são o que mais influenciam em quantos argumentos são necessários. Sendo a que menos necessita de argumentos é a *Dung* Preferida, seguida pela *Estável* e *Side* Preferida com valores similares. Por último então a *Safe* Preferida, que necessita

de muito mais troca de argumentos.

4.2 RESULTADOS DOS TESTES VARIANDO A PERCENTAGEM DE RELAÇÕES ENTRE OS ARGUMENTOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados que correspondem à variação de relações entre os argumentos. As relações entre os argumentos são as relações de ataque e suporte que são gerados aleatoriamente. Nos testes anteriores, esse valor foi padronizado para 25%, mas nesta seção testamos a influência que esse critério possui quando mudamos essa percentagem para os valores no intervalo de 0% e 100%.

Figura 11 – Persuasão em Relação à Percentagem de Relações entre os Argumentos na Dung Preferida



Fonte: Autoria Própria

A Figura 11 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre a persuasão sobre a semântica Dung Preferida. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de persuasões que o proponente realizou dentro de 1000 casos. Essas relações seguem as mesmas regras de geração apresentadas pela subseção 3.2.1.

Em relação às estratégias, nenhuma apresentou vantagens significativas em relação às outras quando se variava a taxa de relação entre os argumentos. O que acontece em todos os

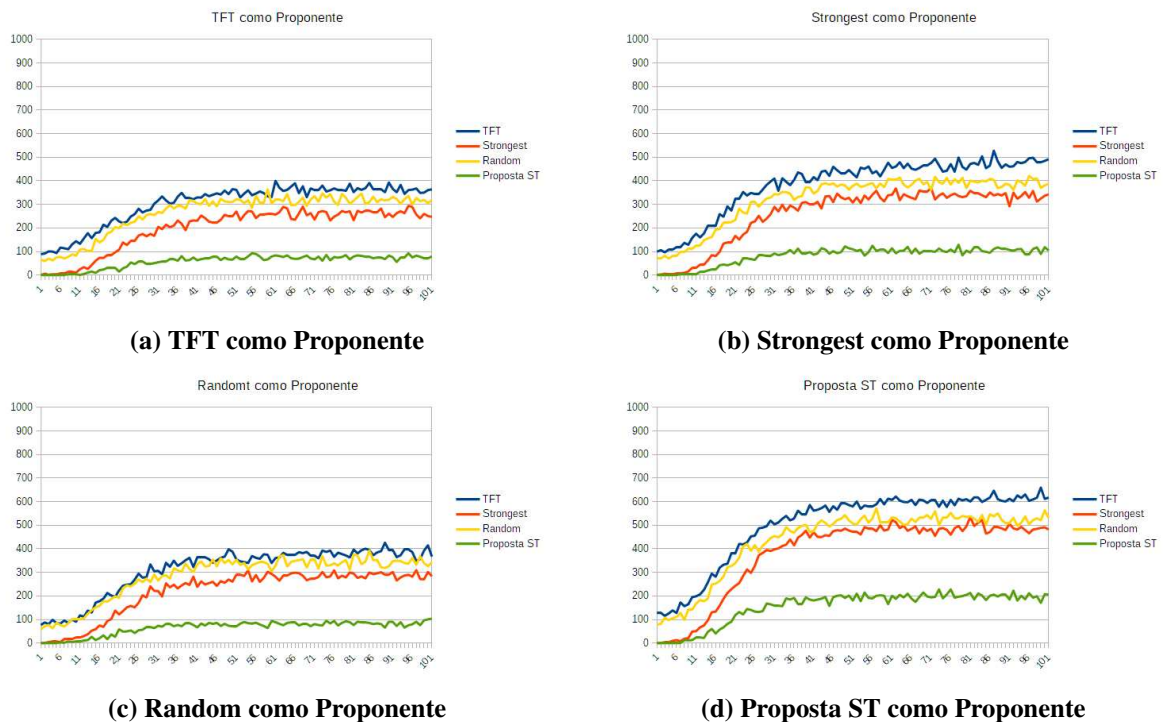
casos é que à medida que a taxa de relação entre os argumentos se aproximava de 100%, a taxa de vitória do proponente na persuasão também se aproxima de 100%.

Isso acontece devido à redundância dos argumentos. À medida que essa taxa de relação entre argumentos aumenta, todos os argumentos de cada agente se torna igual, atacando todos os argumentos possíveis de seu adversário, e dando suporte a todos os seus próprios argumentos. Então toda negociação ocorrerá da seguinte forma:

- proponente inicia com a proposta;
- oponente utiliza o seu primeiro argumento. Sendo que a estratégia escolhida não importa, já que todos os argumentos são efetivamente iguais;
- proponente então escolhe e utiliza um argumento. Novamente não importa a estratégia de escolha de argumento, pois são todos efetivamente iguais;
- no caso da Dung Preferida, o oponente então agora não é mais capaz de argumentar, pois, ele não possui nenhum argumento que não é atacado pelo argumento do proponente.

A semântica Estável apresenta gráficos similares e podem ser encontrados no Apêndice A.

Figura 12 – Persuasão em Relação à Percentagem de Relações entre os Argumentos na Safe Preferida



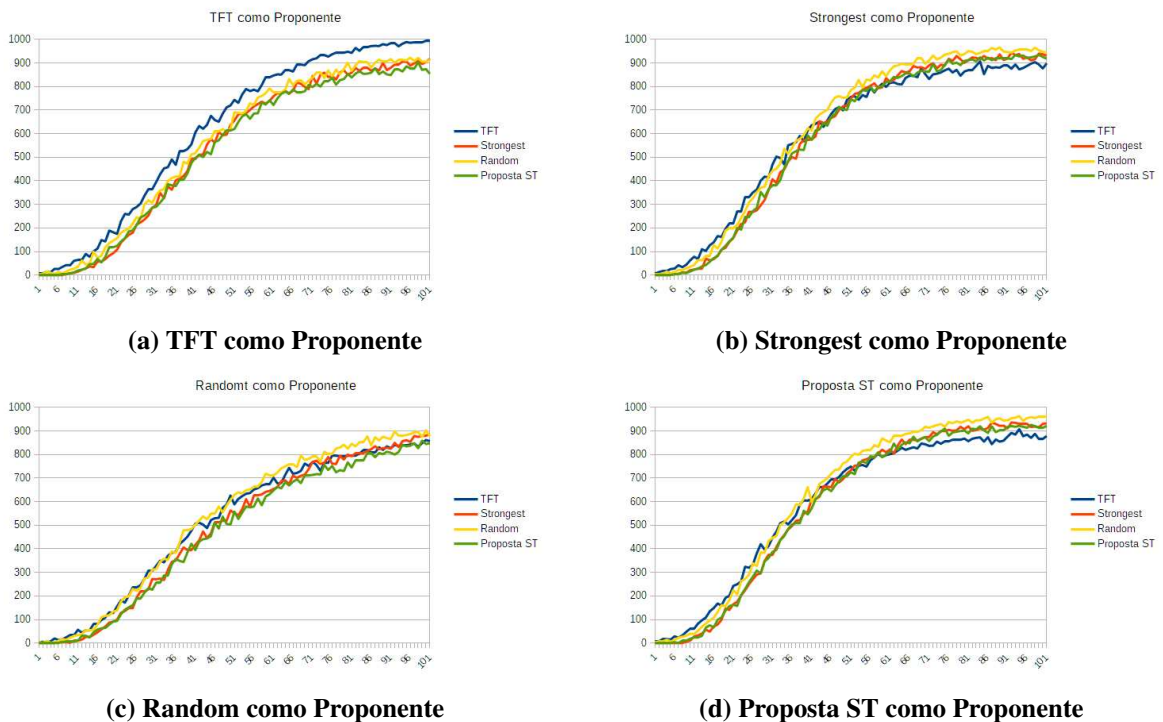
Fonte: Autoria Própria

A Figura 12 apresenta a influência da porcentagem de relações entre argumentos sobre a persuasão na semântica *Safe* Preferida. O eixo X representa a porcentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de persuasões que o proponente realizou dentro de 1000 casos.

Nos gráficos apresentados, quanto maior o valor do eixo Y, mais fácil foi para o proponente persuadir o seu oponente. A estratégia adotada pelo proponente e seu oponente são os descritos nas figuras. Em todas as 4 figuras, podemos observar como a persuasão reduz quando se persuade a estratégia Proposta ST nesta semântica.

Pode-ser perceber também que diferentemente da *Dung* Preferida, a semântica *Safe* Preferida não tende ao 100% quanto mais relações entre argumentos existem. Isso ocorre devido à característica segura da semântica, que permite que os agentes possam continuar trocando argumentos, porém encerrando quando um agente não conseguir vencer o peso total dos argumentos do seu adversário. Como os pesos se tornam muito mais importantes, e o peso em relação à proposta, muito mais, é fácil perceber como as propostas *Strongest*, e em especial a *Strongest* ST têm uma vantagem nessa semântica.

Figura 13 – Persuasão em Relação à Porcentagem de Relações entre os Argumentos na Side Preferida



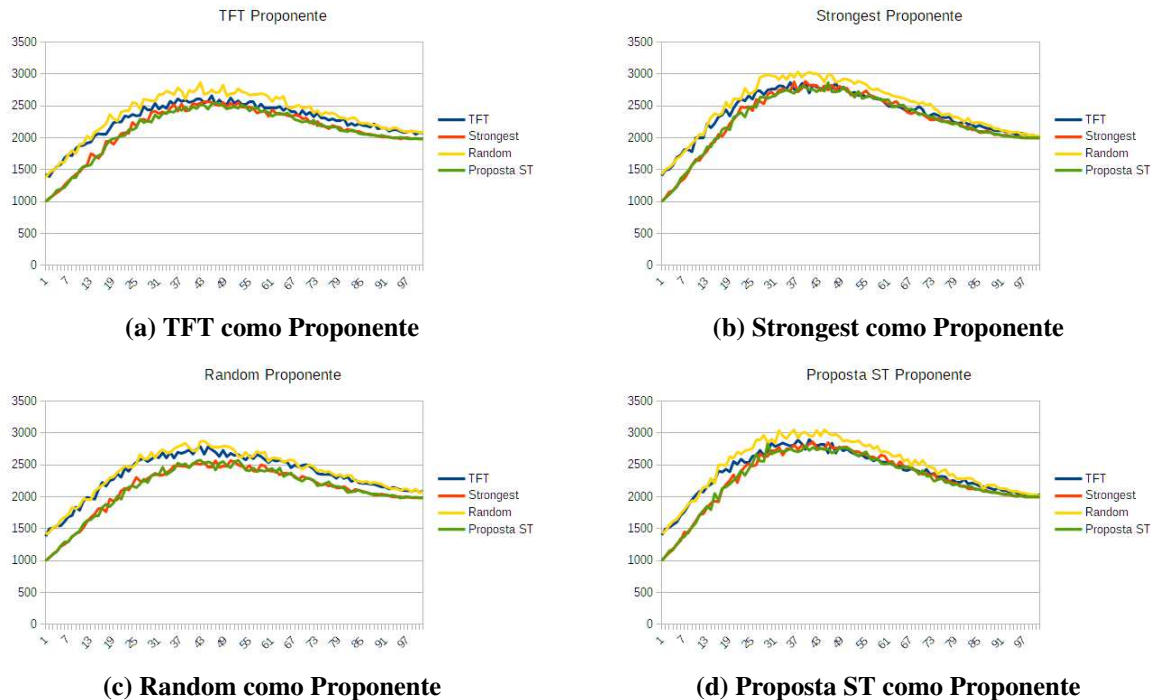
Fonte: Autoria Própria

A Figura 13 apresenta a influência da porcentagem de relações entre argumentos sobre a persuasão na semântica *Side* Preferida. O eixo X representa a porcentagem de 0 a 100 de um

argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de persuasões que o proponente realizou dentro de 1000 casos.

Para a semântica *Side Preferida*, a taxa de persuasão se mantém muito similar em todos os casos. Com um leve aumento na taxa de persuasão quando um TFT persuade outro TFT.

Figura 14 – Total de Argumentos Trocados em Dung Preferida comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos



Fonte: Autoria Própria

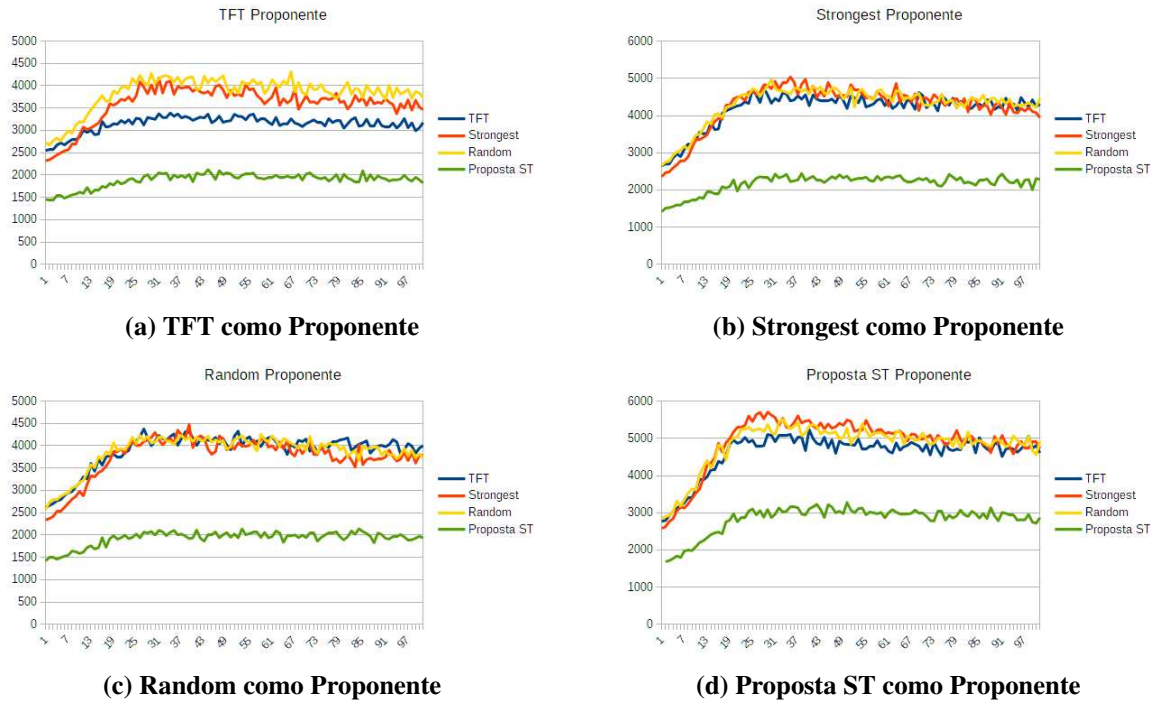
A Figura 14 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre o total de argumentos na semântica Dung Preferida. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de argumentos que ambos agentes utilizaram dentro de 1000 casos.

Observa-se que a quantidade de argumentos utilizados por diálogo se estabiliza em 2 argumentos quando a percentagem de relação entre os argumentos é de 100%, mas praticamente todo o intervalo entre cerca de 25% e 98% possui uma média maior que 2 argumentos por diálogo para todos os casos nessa semântica.

Os gráficos para a semântica Estável apresenta valores similares à da Dung Preferida e pode ser encontrada no Apêndice A.

A Figura 15 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre o total de argumentos na semântica *Safe Preferida*. O eixo X representa a percentagem de 0

Figura 15 – Total de Argumentos Trocados em Safe Preferida comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos



Fonte: Autoria Própria

a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de argumentos que ambos agentes utilizaram dentro de 1000 casos.

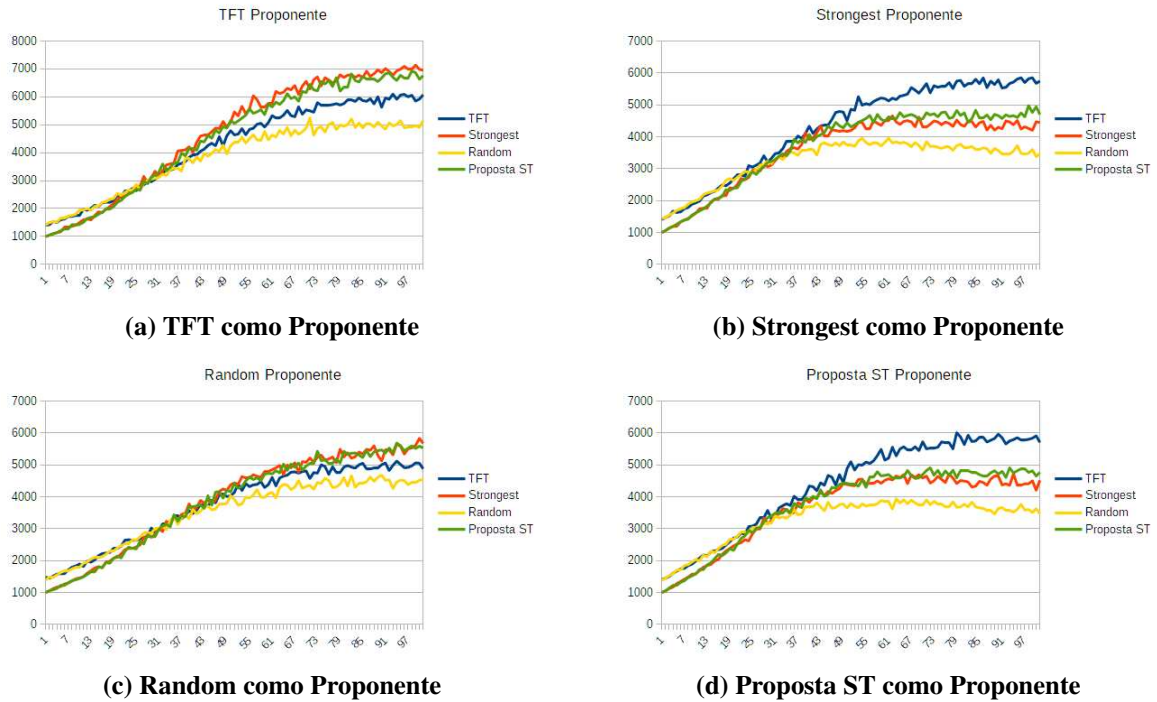
Refletindo os dados de persuasão, a estratégia Proposta ST é mais eficiente em argumentos utilizados na semântica *Safe* Preferida. O único outro caso a se notar é quando um TFT encontra outro TFT, eles também utilizam menos argumentos (a partir de cerca de 15% de relação entre argumentos).

A Figura 16 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre o total de argumentos na semântica *Side* Preferida. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de argumentos que ambos agentes utilizaram dentro de 1000 casos.

Observa-se que a quantidade de argumentos utilizados cresce à medida que os argumentos possuem mais relação entre si. Isso ocorre devido à redundância entre os argumentos, porém, como todo argumento consegue derrotar todos os argumentos de seu adversário, o que define se um agente vence ou não a persuasão é a força de seus argumentos em relação à proposta.

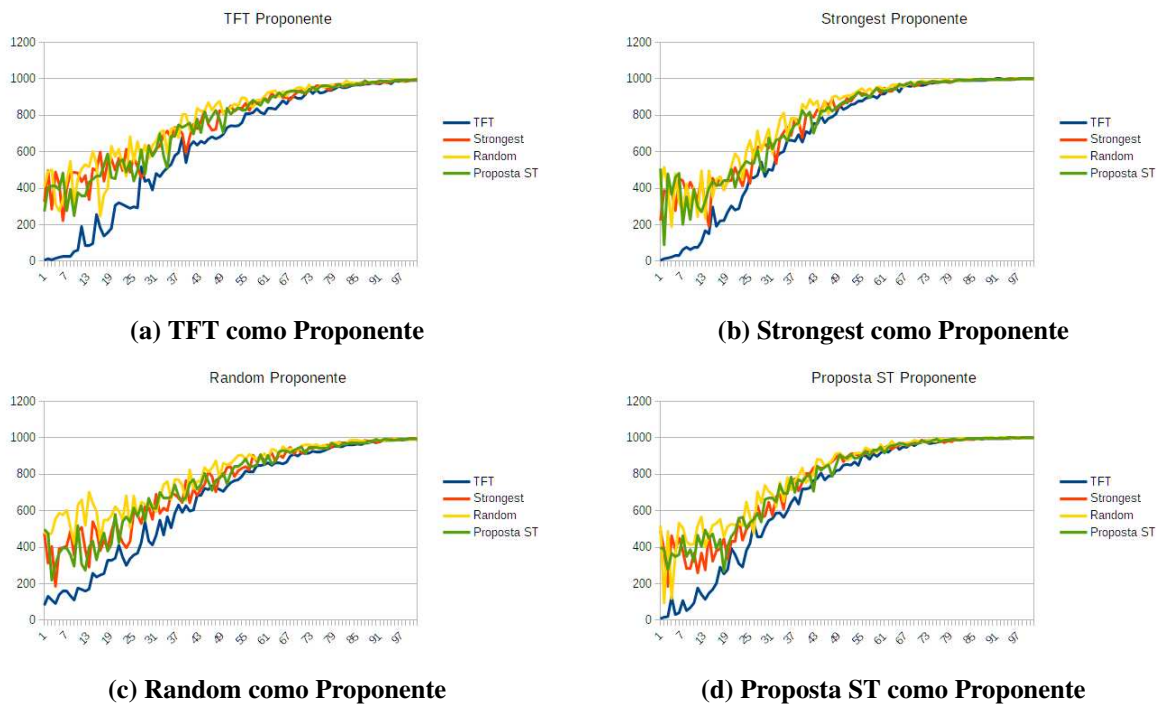
A Figura 17 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre

Figura 16 – Total de Argumentos Trocados em Side Preferida comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos



Fonte: Autoria Própria

Figura 17 – Total de Objetivos atacados em Dung Preferida comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos



Fonte: Autoria Própria

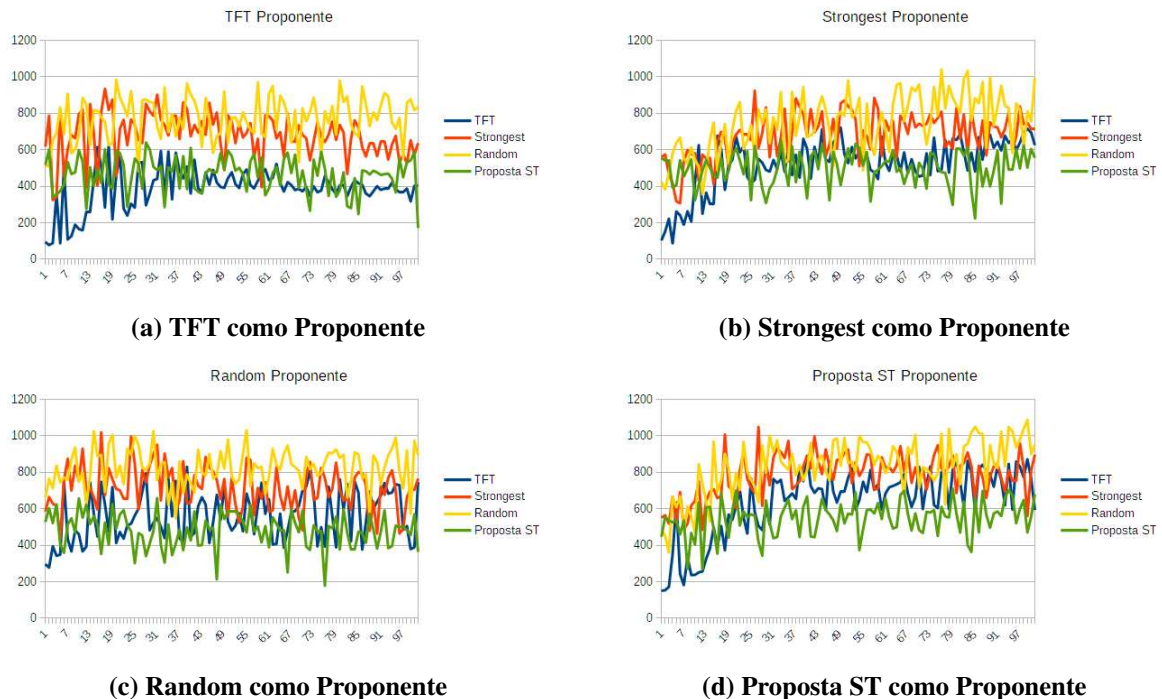
o total de objetivos atacados na semântica Dung Preferida. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer

outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de objetivos atacados entre os dois agentes dentro de 1000 casos.

Dentro das 4 figuras é possível notar que quando o TFT é o proponente, e a percentagem de relações é baixa, a quantidade de objetivos atacados é significativamente menor.

As semânticas *Side Preferida* e *Estável* apresentam valores similares com os da semântica *Dung Preferida*, e seus gráficos podem ser encontrados no Apêndice A.

Figura 18 – Total de Objetivos atacados em *Safe Preferida* comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos



Fonte: Autoria Própria

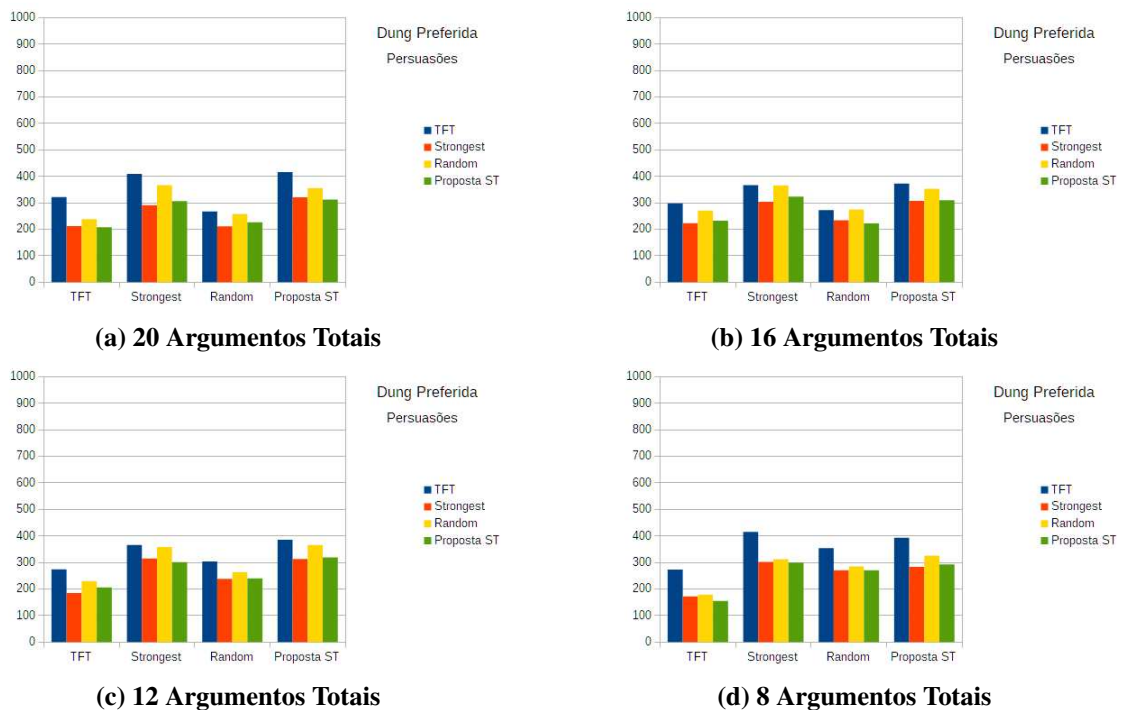
A Figura 18 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre o total de objetivos atacados na semântica *Safe Preferida*. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de objetivos atacados entre os dois agentes dentro de 1000 casos.

Nota-se que a quantidade de objetivos atacados na semântica *Safe Preferida* é mais caótica, mas percebe-se que as estratégias TFT e Proposta ST possuem quantidades de objetivos atacados inferiores na média em relação ao *Random* e o *Strongest*. Isto ocorre devido à alta prevalência de estratégias que não se importam com os objetivos dos agentes, como a estratégia *Strongest ST*.

4.3 RESULTADOS DOS TESTES VARIANDO A QUANTIDADE DE ARGUMENTOS

Nesta seção será apresentada os resultados obtidos quando se reduz a quantidade de argumentos disponíveis para os agentes. Nos testes apresentados no começo deste capítulo, cada diálogo possuía 20 argumentos totais, sendo 10 do proponente, e 10 do oponente. Apresentaremos então a variação das persuasões para 16, 12, e 8 argumentos no total (metade para o proponente e metade para o oponente).

Figura 19 – Quantidade de Persuasões Variando a Quantidade de Argumentos na Semântica Dung Preferida



Fonte: Autoria Própria

A Figura 19 apresenta a variação do desempenho de persuasão quando se varia a quantidade de argumentos totais. O eixo X de cada gráfico de barras apresenta qual estratégia era o proponente na persuasão, e cada cor de barra apresenta qual era o oponente na persuasão. O eixo Y do gráfico apresenta a quantidade de persuasões de sucesso do proponente em um total de 1000 casos. Para estes testes, foi utilizada a semântica Dung Preferida.

Na semântica Dung Preferida, nota-se que há pouca diferença entre os desempenhos, embora seja possível notar que a quantidade de persuasões é reduzida com a quantidade menor de argumentos, o que demonstra uma vantagem para o oponente. Nota-se também que a estratégia *Random* levemente melhora seu desempenho com a quantidade menor de argumentos.

No Apêndice A, encontra-se os gráficos para as outras semânticas que seguem esse mesmo padrão de comportamento, em que há uma leve redução nas persuasões gerais em conjunto

com um melhor desempenho da estratégia *Random* em relação às outras.

4.4 DISCUSSÃO

Diferentemente do que é observado sobre estratégias que utilizam reciprocidade em Axelrod e Hamilton (1981) e Sen (1996), em argumentação não há um único parâmetro para avaliar o desempenho de um agente, portanto uma estratégia ser melhor que a outra não é tão facilmente observada e calculada.

A estratégia TFT possui vantagem em relação às outras em relação à quantidade de objetivos atacados. Em praticamente todos os casos, existe uma vantagem em negociar com um TFT, e essa vantagem é bastante significativa quando ambos os agentes utilizam o TFT. Por outro lado, essa estratégia possui uma capacidade de persuasão inferior quando comparados às outras estratégias.

A estratégia *Strongest* possui uma persuasão comparável com a Proposta ST em múltiplas semânticas, com total de objetivos atacados similares, mas possui um desempenho inferior à Proposta ST na semântica *safe* Preferida. Deve-se considerar de que as condições de parada não levam a quantidade de objetivos atacados ou a importância deles em consideração.

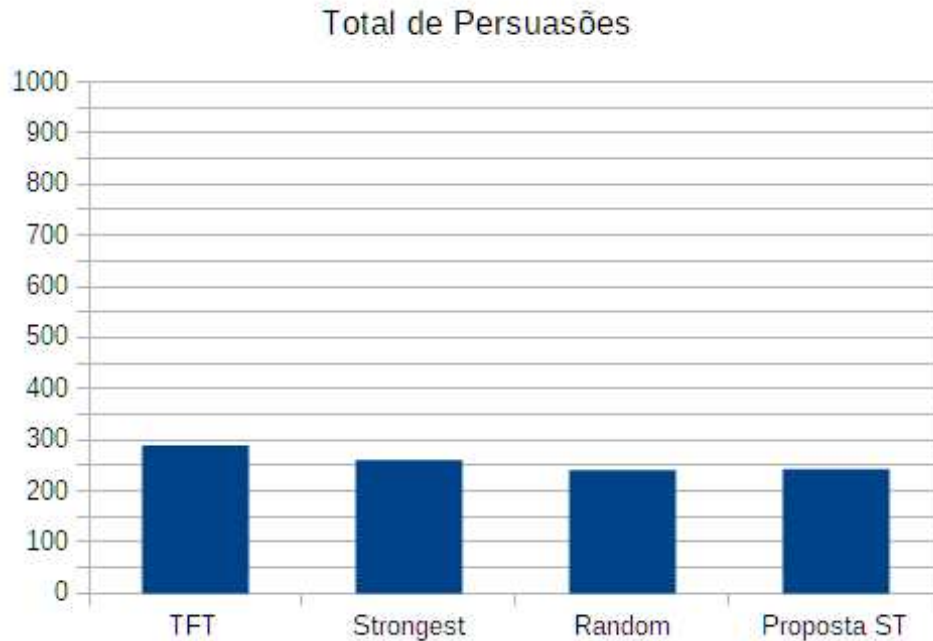
A estratégia Proposta ST, sendo uma variante da *Strongest* adaptada para o problema deste trabalho, tem como principal vantagem o seu desempenho da persuasão na semântica *Safe* Preferida. Assim como baixas quantidades de objetivos atacados nessa mesma semântica.

A estratégia *Random* se comportou como esperado. O seu relativo bom desempenho se dá ao fato de que o sistema gera poucos argumentos ruins para a argumentação, portanto mesmo que escolhidos de forma aleatória, um agente não utilizará um argumento que ataca seus próprios objetivos, ou ataca seus próprios argumentos.

A Figura 20 apresenta uma simplificação dos resultados obtidos. O eixo X representa qual era a estratégia utilizada nos diálogos, enquanto o eixo Y representa a quantidade de persuasões de sucesso, quanto maior a barra, melhor para o agente proponente. Nesta simplificação, levamos em consideração apenas os cenários em que só existem um tipo de agente, e fazemos uma média do resultado das quatro semânticas. Foi utilizado os parâmetros de testes da primeira rodada de testes, portanto, a taxa de persuasão pode aumentar ou diminuir de acordo com a percentagem de relação entre argumentos, mas em média, ela se manterá proporcional entre as estratégias.

Esse é um cenário hipotético no qual uma estratégia se tornou dominante, e no qual

Figura 20 – Total de Persuasões Simplificado



Fonte: Autoria própria.

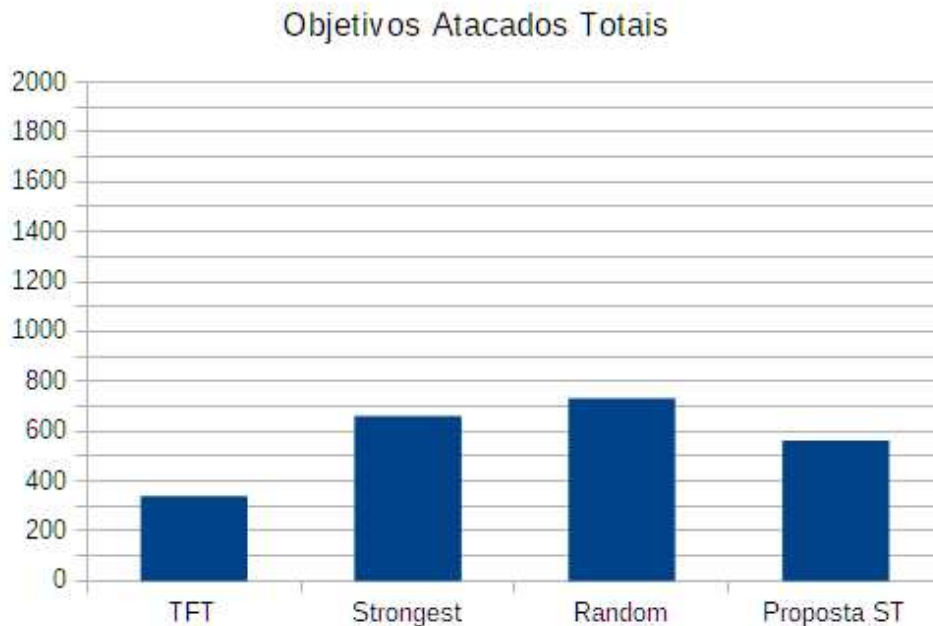
todos os agentes adotaram essa estratégia para as negociações. Podemos observar que o poder de persuasão das estratégias tendem a ser similares entre si quando elas negociam com elas mesmas.

O TFT apresenta o maior poder de persuasão sobre si próprio quando comparado com as outras estratégias, demonstrando uma leve vantagem que o proponente possui quando comparado com as outras estratégias, já que em geral, o oponente possui vantagem neste cenário, não sendo persuadido entre 71,1% e 75,02% das vezes.

A Figura 21 apresenta uma simplificação dos resultados obtidos. Realizando uma simplificação similar à da Figura 20, porém com o eixo Y representando o total de objetivos atacados entre os dois agentes, quanto menor a barra, melhor.

Neste gráfico fica bastante claro a vantagem da reciprocidade do TFT sobre as outras estratégias. Uma menor quantidade de objetivos atacados significa que menos objetivos serão atacados, e portanto, os agentes são capazes de completar mais objetivos. Mesmo que seja inserido um novo agente que utilize mais ataques com o objetivo de persuadir mais, este agente também sofrerá uma quantidade similar de ataques, e portanto não poderá tirar vantagem da baixa quantidade de objetivos atacados. Esta era uma das vantagens da reciprocidade apontada por Mathieu e Delahaye (2017).

Figura 21 – Total de Objetivos Atacados Simplificado



Fonte: Autoria própria.

4.5 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

A análise da significância estatística tem como objetivo verificar a discrepância de uma hipótese estatística em relação aos dados observados. Para isto, calcula-se um valor- p que determina a probabilidade de significância estatística.

Figura 22 – Fórmula para o cálculo do Score Z

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Fonte: Autoria própria.

O primeiro passo para o cálculo do valor p , é o score Z apresentado pela Figura 22. As variáveis da fórmula representam o seguinte:

- \bar{x} : A média das amostras. Utilizando o TFT da Figura 20, a média será de 0,289.
- μ : A hipótese nula. Iremos considerar que os agente têm chances iguais de persuadir e ser persuadido, portanto a nossa hipótese nula é de 0,5.
- σ : Desvio padrão da população. Apresentado pela figura Figura 23, o cálculo de desvio padrão realizado sobre o resultado do TFT da Figura 20.

- n: A quantidade de amostras. No nosso caso, 1000.

Figura 23 – Cálculo do Desvio Padrão

Standard Deviation, σ : **0.45329791528309**

Count, N: 1000
 Sum, Σx : 289
 Mean, μ : 0.289
 Variance, σ^2 : 0.20547899999999

Steps

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}$$

$$= \frac{(1 - 0.289)^2 + \dots + (0 - 0.289)^2}{1000}$$

$$= \frac{205.478999999999}{1000}$$

$$= 0.20547899999999$$

$$\sigma = \sqrt{0.20547899999999}$$

$$= 0.45329791528309$$

Fonte: Site: <https://www.calculator.net/standard-deviation-calculator.html>.

Ao realizar os passos acima, encontramos um score Z de -14,71969237. Com o score Z, faremos uma função de distribuição cumulativa como apresentada pela Figura 24 e o multiplicaremos por 2 para obtermos o valor-p.

Figura 24 – Fórmula para a Função de Distribuição Cumulativa

$$F_X(x) = \int_{-\infty}^x f_X(t) dt$$

Fonte: Site: <https://byjus.com/maths/cumulative-distribution-function/>.

O valor-p obtido no final das contas então é de aproximadamente

$$4,56 \times 10^{-12}$$

Para ver se este valor é estatisticamente significativo, ele deve estar abaixo de um valor arbitrariamente definido como o nível de significância. Se usarmos o valor padrão de 0,05, podemos verificar que o este resultado é estatisticamente significativo.

Como o resultado desta análise depende da hipótese nula estar correta, iremos utilizar a média dos dados obtidos em todas as estratégias da Figura 20 como a nossa hipótese nula para um segundo cálculo de significância estatística. Este novo cálculo se baseia na observação da Figura 11 que mostra uma tendência das persuasões, e que elas não cortam a linha dos 50% para os parâmetros de testes estabelecidos, e todos possuem uma curva e valores de persuasão similares.

Utilizando a nossa nova hipótese nula de 0,2585, chegamos a um score Z de 2,127728043, e um valor- p de 0,03336. Portanto, utilizando a linha de corte de 0,05, podemos concluir que os testes são estatisticamente significantes e possuem uma probabilidade de significância de 0,03336.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões gerais sobre o trabalho apresentado, bem como as perspectivas para trabalhos futuros a partir deste.

5.1 CONCLUSÃO

Respondendo à nossa pergunta de pesquisa, nas condições de ambiente adequadas, a estratégia TFT que adotou a reciprocidade possui uma quantidade significativamente reduzida de objetivos atacados em relação às outras estratégias estudadas, resultando em uma redução da perda de utilidade total. A quantidade limitada de argumentos pouco alterou desempenho de persuasão em relação às outras estratégias. Porém, como os argumentos retóricos visam reduzir a quantidade de argumentos trocados, uma hipótese é que a pouca interferência da quantidade de argumentos disponíveis ocorreu devido à baixa quantidade de argumentos necessários para se finalizar uma persuasão com argumentos retóricos. Portanto, como eram necessários poucos argumentos, não houve uma alteração drástica nos resultados quando havia poucos argumentos disponíveis. O TFT é visto como uma das melhores estratégias para diversos problemas com sistemas distribuídos com agentes auto-interessados, porém sempre utilizado em situações em que não há múltiplos recursos para se negociar, e há uma quantidade ilimitada de movimentos. Os resultados deste trabalho indicam que o uso da reciprocidade na estratégia TFT proporcionou um benefício da redução de perda de utilidade em troca de uma maior facilidade em ser persuadido. Essa facilidade de persuasão também aplica a outro agente adotando o TFT também, portanto esta desvantagem é pouco relevante quando um ambiente é dominado por agentes utilizando o TFT. A semântica *Side Preferida* proposta neste trabalho se apresentou como uma semântica que incentiva os agentes a utilizarem estratégias recíprocas que reduzem a quantidade de objetivos cancelados quando comparado com as outras semânticas estudadas. Uma limitante da reciprocidade porém, é que o agente deverá ser capaz de analisar corretamente o tipo de argumento utilizado pelo seu adversário e o agente deve ter em seu repertório argumentos do mesmo tipo para poder reciprocitar. Neste estudo, os argumentos eram de apenas dois tipos, os agentes possuem conhecimento pleno dos tipos de argumentos que seus adversários poderiam utilizar e eram sempre munidos dos dois tipos de argumento. Portanto, a vantagem apresentada neste trabalho pode ser reduzida por outros fatores a depender do cenário escolhido.

5.2 PERSPECTIVAS

Para trabalhos futuros, há dois caminhos primariamente visionados. Um deles é focar no aprimoramento da estratégia com reciprocidade, aumentando sua flexibilidade para tratar casos onde os argumentos não são facilmente divididos em argumentos positivos e negativos e, também no caso onde o agente não possui mais argumentos recíprocos, podendo então utilizar outros tipos de argumentos. Um segundo caminho é expandir os experimentos realizados neste trabalho, e realizar um torneio similar ao de Axelrod, porém com estratégias de argumentação. Neste torneio, seria colocado os agentes com suas estratégias em um algoritmo genético, sendo que cada etapa do algoritmo genético equivaleria a uma etapa do torneio. Além deste dois caminhos, também é possível adaptar e aplicar uma estratégia com reciprocidade em um sistema de argumentação estruturada em vez de abstrata, e/ou utilizando argumentos derrotáveis. Também é possível estender os experimentos deste trabalho incluindo mais semânticas, como semânticas graduais que utilizam um sistema de pontuação que define a aceitabilidade de cada argumento. Há também a possibilidade de explorar outros tipos de *frameworks* e a possibilidade de analisar como funcionaria a relação de reciprocidade em um cenário com organização e papéis, por exemplo, a diferença de impacto entre um chefe ameaçando um funcionário e vice-e-versa, ou um lojista ameaçando um cliente e vice-e-versa.

REFERÊNCIAS

A. NORMAN T. J., . S. K. T. Argumentation schemes for collaborative planning. *International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, Springer, p. 323–335, nov. 2011.

AMGOUD, Leila; BEN-NAIM, Jonathan. Evaluation of arguments in weighted bipolar graphs. **International Journal of Approximate Reasoning**, Elsevier, v. 99, p. 39–55, 2018.

AMGOUD, Leila; CAYROL, Claudette. Inferring from inconsistency in preference-based argumentation frameworks. **Journal of Automated Reasoning**, Springer, v. 29, n. 2, p. 125–169, 2002.

AXELROD, Robert; HAMILTON, William Donald. The evolution of cooperation. **science**, American Association for the Advancement of Science, v. 211, n. 4489, p. 1390–1396, 1981.

B., Polak. Game theory: Lecture 1 transcript. **ECON 159**, set. 2007.

BARONI, Pietro; CAMINADA, Martin; GIACOMIN, Massimiliano. An introduction to argumentation semantics. **The knowledge engineering review**, Cambridge University Press, v. 26, n. 4, p. 365–410, 2011.

BENCH-CAPON, Trevor. Value based argumentation frameworks. **arXiv preprint cs/0207059**, 2002.

BLACK, Elizabeth; HUNTER, Anthony. An inquiry dialogue system. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, Springer, v. 19, n. 2, p. 173–209, 2009.

BOELLA, Guido; GABBAY, Dov M; TORRE, Leon van der; VILLATA, Serena. Support in abstract argumentation. *In: FRONTIERS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND APPLICATIONS*, IOS PRESS. **Proceedings of the Third International Conference on Computational Models of Argument (COMMA'10)**. [S.l.], 2010. p. 40–51.

BOYD, Robert. Is the repeated prisoner's dilemma a good model of reciprocal altruism? **Ethology and Sociobiology**, Elsevier, v. 9, n. 2-4, p. 211–222, 1988.

BOYD, Robert; RICHERSON, Peter J. The evolution of reciprocity in sizable groups. **Journal of theoretical Biology**, Elsevier, v. 132, n. 3, p. 337–356, 1988.

BRATMAN, Michael. Intention, plans, and practical reason. Cambridge, Harvard University Press, 1987.

BRAVER, Sanford L. Reciprocity, cohesiveness and cooperation in two-person games. **Psychological Reports**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 36, n. 2, p. 371–378, 1975.

BREWKA, Gerhard; WOLTRAN, Stefan. Abstract dialectical frameworks. *In: Twelfth International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning*. [S.l.: s.n.], 2010.

BUDÁN, Maximiliano CD; COBO, Maria Laura; MARTINEZ, Diego C; SIMARI, Guillermo R. Bipolarity in temporal argumentation frameworks. **International Journal of Approximate Reasoning**, Elsevier, v. 84, p. 1–22, 2017.

BULLING, Nils. A survey of multi-agent decision making. **KI-Künstliche Intelligenz**, Springer, v. 28, n. 3, p. 147–158, 2014.

CASTELFRANCHI, Cristiano; PAGLIERI, Fabio. The role of beliefs in goal dynamics: Prolegomena to a constructive theory of intentions. **Synthese**, Springer, v. 155, n. 2, p. 237–263, 2007.

CAYROL, Claudette; DEVRED, Caroline; LAGASQUIE-SCHIEX, Marie-Christine. **Acceptability semantics accounting for strength of attacks in argumentation**. 2010. Tese (Doutorado) — IRIT-Institut de recherche en informatique de Toulouse, 2010.

CAYROL, Claudette; LAGASQUIE-SCHIEX, Marie-Christine. On the acceptability of arguments in bipolar argumentation frameworks. *In: SPRINGER. European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning and Uncertainty*. [S.l.], 2005. p. 378–389.

DEVEREUX, Joseph; REED, Chris. Strategic argumentation in rigorous persuasion dialogue. *In: MCBURNEY, Peter; RAHWAN, Iyad; PARSONS, Simon; MAUDET, Nicolas (Ed.). Argumentation in Multi-Agent Systems*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 94–113. ISBN 978-3-642-12805-9.

DUNG, Phan; THANG, Phan; TONI, Francesca. Towards argumentation-based contract negotiation. *In: . [S.l.: s.n.]*, 2008. v. 172, p. 134–146.

DUNG, Phan Minh. On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games. **Artificial intelligence**, Elsevier, v. 77, n. 2, p. 321–357, 1995.

DUNNE, Paul E; HUNTER, Anthony; MCBURNEY, Peter; PARSONS, Simon; WOOLDRIDGE, Michael. Weighted argument systems: Basic definitions, algorithms, and complexity results. **Artificial Intelligence**, Elsevier, v. 175, n. 2, p. 457–486, 2011.

DZIUDA, Wioletta. Strategic argumentation. **Journal of Economic Theory**, Elsevier, v. 146, n. 4, p. 1362–1397, 2011.

EEMEREN, Frans H Van; GROOTENDORST, Rob. A systematic theory of argumentation the pragma-dialectical approach. 2003.

GOVERNATORI, G.; OLIVIERI, F.; SCANNAPIECO, S.; ROTOLO, A.; CRISTANI, M. Strategic argumentation is np-complete. **ECAI**, Springer, p. 399–404, ago. 2014.

GRASSO, Floriana. Towards a framework for rhetorical argumentation. *In: EDILOG 02: Proceedings of the 6th workshop on the semantics and pragmatics of dialogue. [S.l.: s.n.], 2002. p. 53–60.*

H., Sartor G. Prakken. Law and logic: A review from an argumentation perspective. **Artificial Intelligence**, p. 214–245, 2015.

J. NORVIG P., Davis E. Russell S. **Artificial intelligence: a modern approach**. 3rd ed. [S.l.]: Upper Saddle River, 2010.

JORY, Constanza Ihnen. Negotiation and deliberation: Grasping the difference. **Argumentation**, Springer, v. 30, n. 2, p. 145–165, 2016.

KUHN, Steven. Prisoner's dilemma. 1997.

MATHIEU, Philippe; DELAHAYE, Jean-Paul. New winning strategies for the iterated prisoner's dilemma. SimSoc Consortium, 2017.

MORVELI-ESPINOZA, M.; POSSEBOM, Ayslan Trevizan; TACLA, Cesar Augusto. On the calculation of the strength of threats. **Knowledge and Information Systems**, Springer, v. 62, n. 4, p. 1511–1538, 2020.

N DIMOPOULOS Y, Moraitis P. Hadidi. Tactics and concessions for argumentation-based negotiation. **Computational Models of Argument: Proceedings of COMMA 2012**, IOS Press, v. 245, p. 285, 2012.

NOUIOUA, Farid; RISCH, Vincent. Bipolar argumentation frameworks with specialized supports. *In: IEEE. 2010 22nd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence. [S.l.], 2010. v. 1, p. 215–218.*

OREN, T. Norman N. Semantics for evidence-based argumentation. *In: Computational models of argument: proceedings of COMMA. [S.l.: s.n.], 2008. v. 172, p. 276.*

- PRAKKEN, Henry. Formal systems for persuasion dialogue. **The knowledge engineering review**, Cambridge University Press, v. 21, n. 2, p. 163–188, 2006.
- RAHWAN, K. Larson I. Argumentation and game theory. **Argumentation in Artificial Intelligence**, Springer, p. 321–338, 2015.
- RAHWAN, I.; LARSON, K. Mechanism design for abstract argumentation. *In: . [S.l.: s.n.]*, 2008. p. 1031–1038.
- RAMCHURN, Sarvapali D; JENNINGS, Nicholas R; SIERRA, Carles. Persuasive negotiation for autonomous agents: A rhetorical approach. 2003.
- RIENSTRA, Tjitze; THIMM, Matthias; OREN, Nir. Opponent models with uncertainty for strategic argumentation. *In: **Twenty-Third International Joint Conference on Artificial Intelligence**. [S.l.: s.n.]*, 2013.
- ROTH, Bram; RIVERET, Régis; ROTOLO, Antonino; GOVERNATORI, Guido. Strategic argumentation: A game theoretical investigation. *In: **Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Intelligence and Law***. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2007. (ICAIL '07), p. 81–90. ISBN 9781595936806. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1276318.1276333>.
- SEN, Sandip. Reciprocity: a foundational principle for promoting cooperative behavior among self-interested agents. *In: AAI. **Proceedings of the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems***. [S.l.], 1996. p. 322–329.
- STRANDERS, Ruben. Argumentation based decision making for trust in multi-agent systems. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, Citeseer, v. 6, n. 1, p. 64–71, 2006.
- SYCARA, Katia P. Persuasive argumentation in negotiation. **Theory and decision**, Springer, v. 28, n. 3, p. 203–242, 1990.
- T. PRAKKEN H., Sartor G. Bench-Capon. Argumentation in legal reasoning. **Argumentation in artificial intelligence**, Springer, p. 363–382, 2009.
- THIMM, M. Strategic argumentation in multi-agent systems. **Kunstl Intell**, Springer, jun. 2014.
- THIMM, Matthias; GARCÍA, Alejandro Javier. Classification and strategical issues of argumentation games on structured argumentation frameworks. *In: **AAMAS***. [S.l.: s.n.], 2010. p. 1247–1254.
- WASHBURN, Alan R *et al.* Two-person zero-sum games. Springer, 2014.

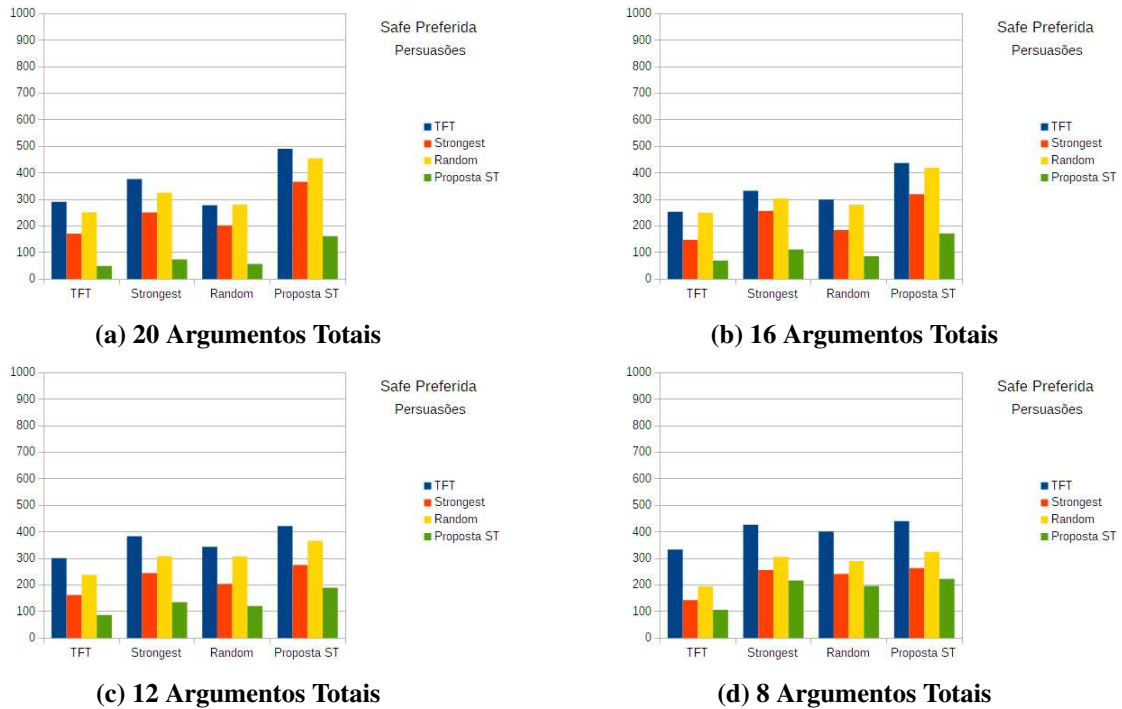
WILSON, Warner. Reciprocation and other techniques for inducing cooperation in the prisoner's dilemma game. **Journal of Conflict Resolution**, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 15, n. 2, p. 167–195, 1971.

APÊNDICES

APÊNDICE A – GRÁFICOS DE RESULTADOS EXTRAS

Neste apêndice, encontra-se os gráficos de resultados não utilizados no capítulo 4 da dissertação. Cada figura possui uma descrição para facilitar a sua leitura.

Figura 25 – Quantidade de Persuasões Variando a Quantidade de Argumentos na Semântica *Safe* Preferida



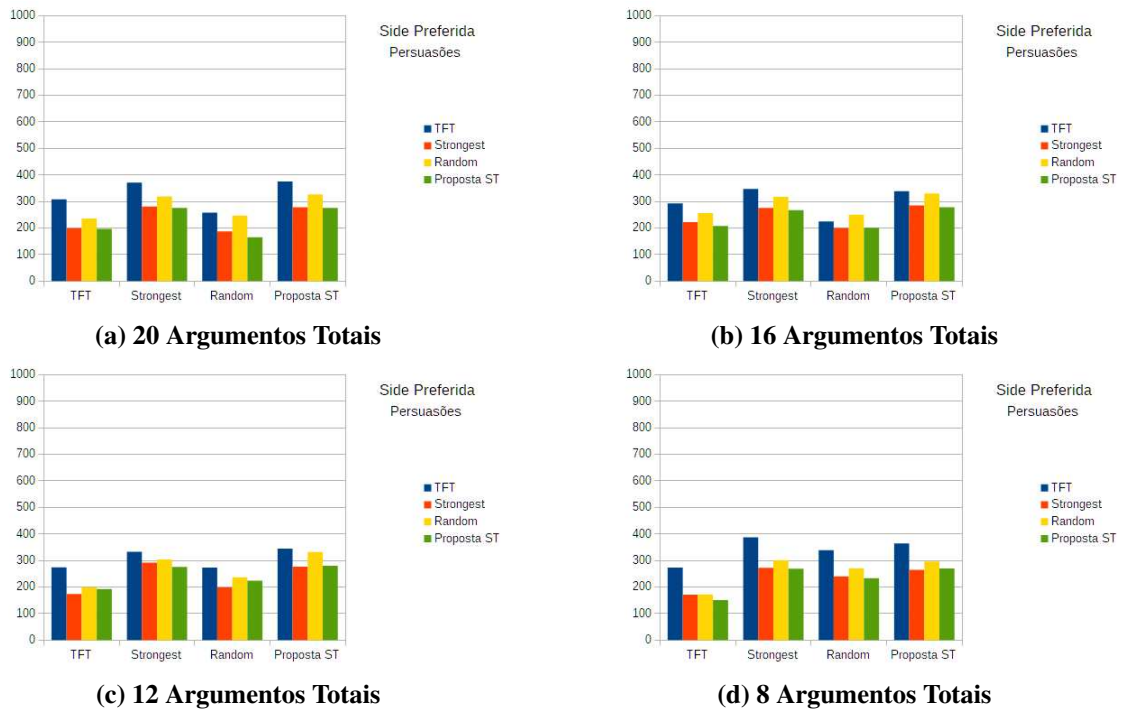
Fonte: Autoria Própria

A Figura 25 apresenta a variação do desempenho de persuasão quando se varia a quantidade de argumentos totais. O eixo X de cada gráfico de barras apresenta qual estratégia era o proponente na persuasão, e cada cor de barra apresenta qual era o oponente na persuasão. O eixo Y do gráfico apresenta a quantidade de persuasões de sucesso do proponente em um total de 1000 casos. Para estes testes, foi utilizada a semântica *Safe* Preferida.

A Figura 26 apresenta a variação do desempenho de persuasão quando se varia a quantidade de argumentos totais. O eixo X de cada gráfico de barras apresenta qual estratégia era o proponente na persuasão, e cada cor de barra apresenta qual era o oponente na persuasão. O eixo Y do gráfico apresenta a quantidade de persuasões de sucesso do proponente em um total de 1000 casos. Para estes testes, foi utilizada a semântica *Side* Preferida.

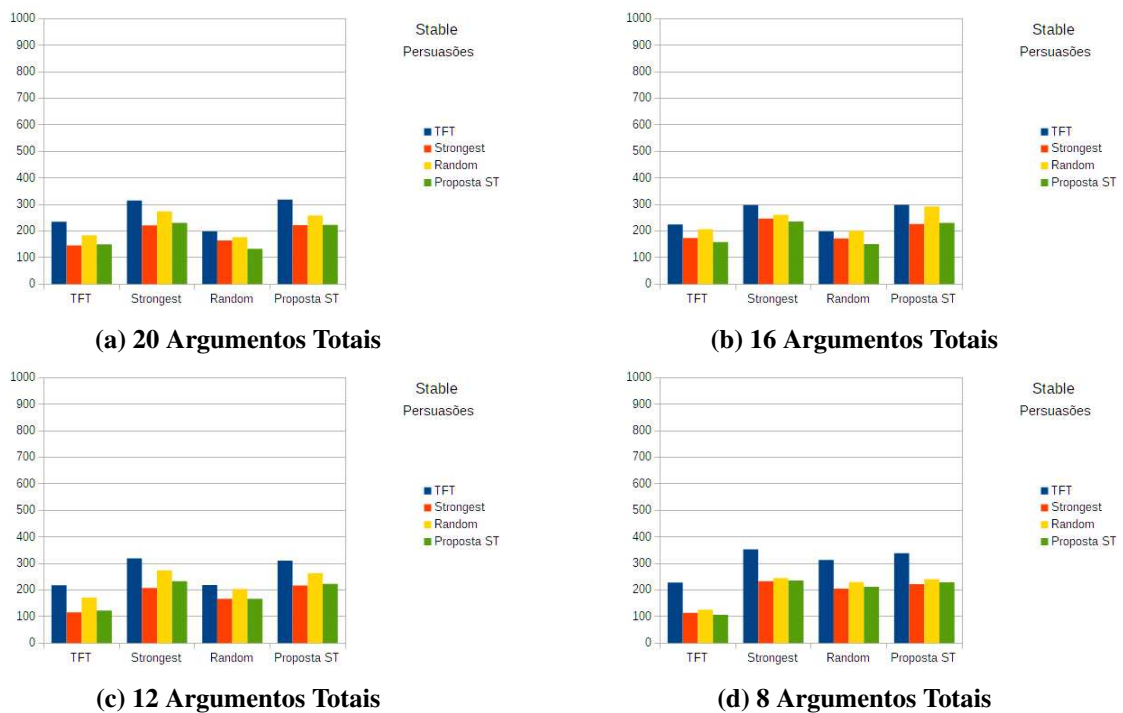
A Figura 27 apresenta a variação do desempenho de persuasão quando se varia a quantidade de argumentos totais. O eixo X de cada gráfico de barras apresenta qual estratégia era o proponente na persuasão, e cada cor de barra apresenta qual era o oponente na persuasão.

Figura 26 – Quantidade de Persuasões Variando a Quantidade de Argumentos na Semântica *Side Preferida*



Fonte: Autoria Própria

Figura 27 – Quantidade de Persuasões Variando a Quantidade de Argumentos na Semântica *Estável*

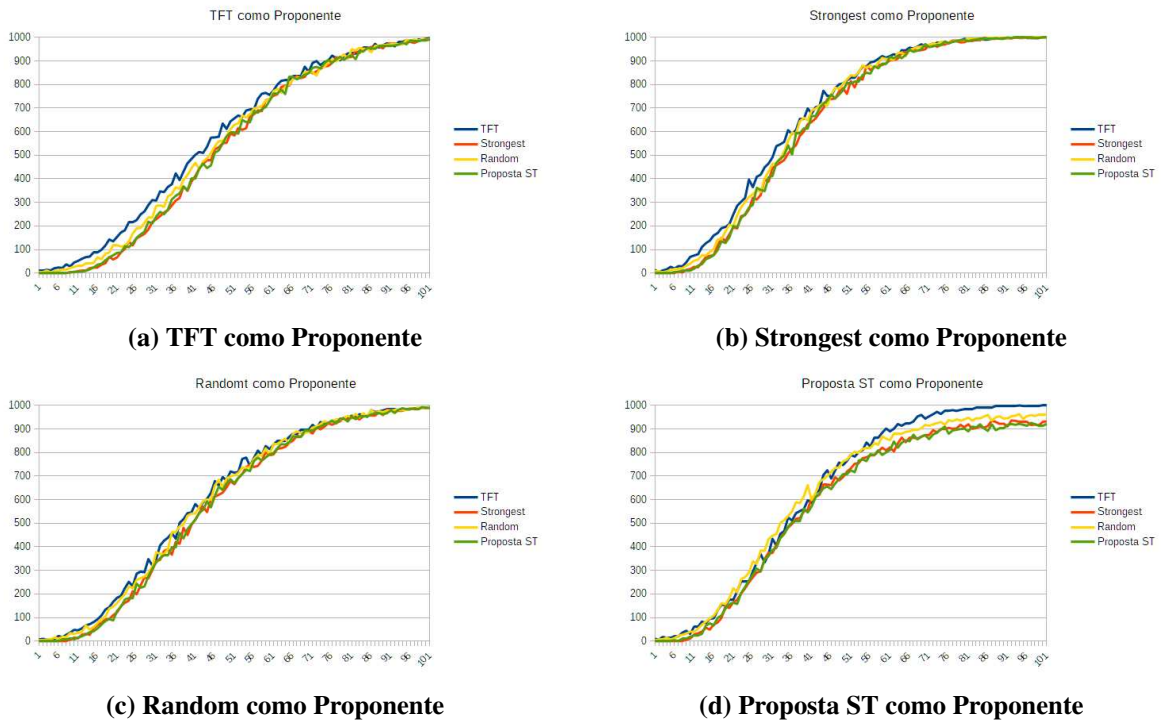


Fonte: Autoria Própria

O eixo Y do gráfico apresenta a quantidade de persuasões de sucesso do proponente em um total de 1000 casos. Para estes testes, foi utilizada a semântica *Estável*.

A Figura 28 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre a

Figura 28 – Persuasão em Relação à Percentagem de Relações entre os Argumentos na Estável



Fonte: Autoria Própria

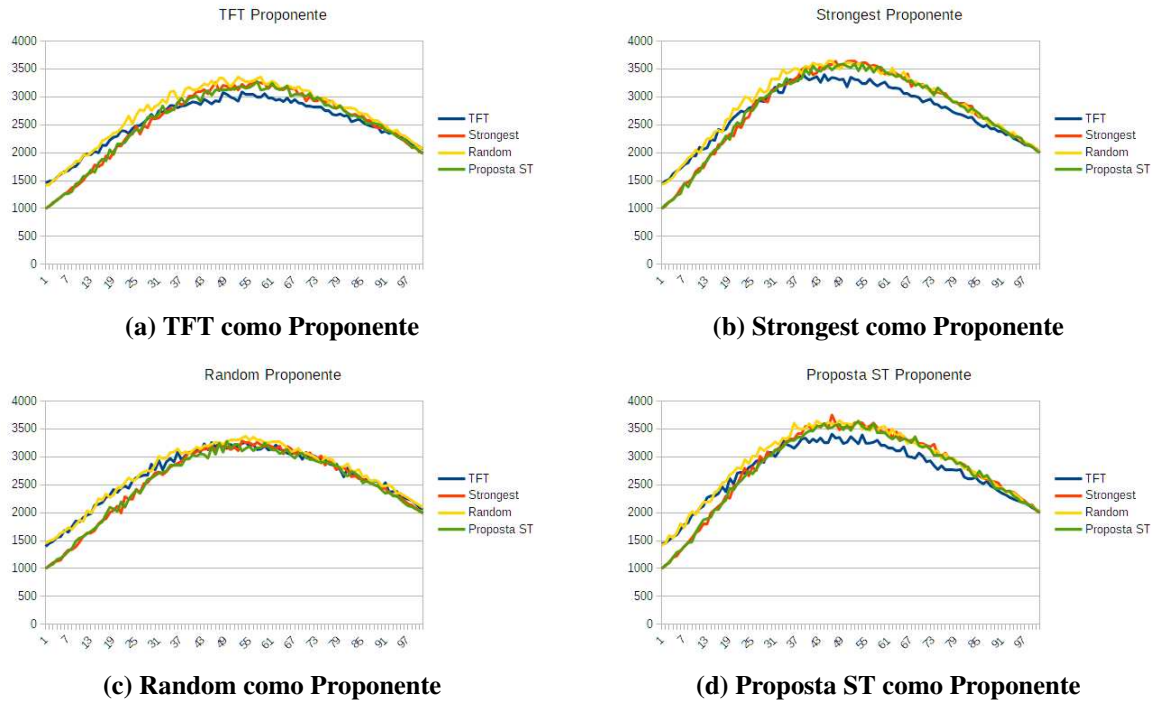
persuasão na semântica Estável. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de persuasões que o proponente realizou dentro de 1000 casos.

A Figura 29 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre o total de argumentos na semântica Estável. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de argumentos que ambos agentes utilizaram dentro de 1000 casos.

A Figura 30 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre o total de objetivos cancelados na semântica *Side Preferida*. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de objetivos cancelados entre os dois agentes dentro de 1000 casos.

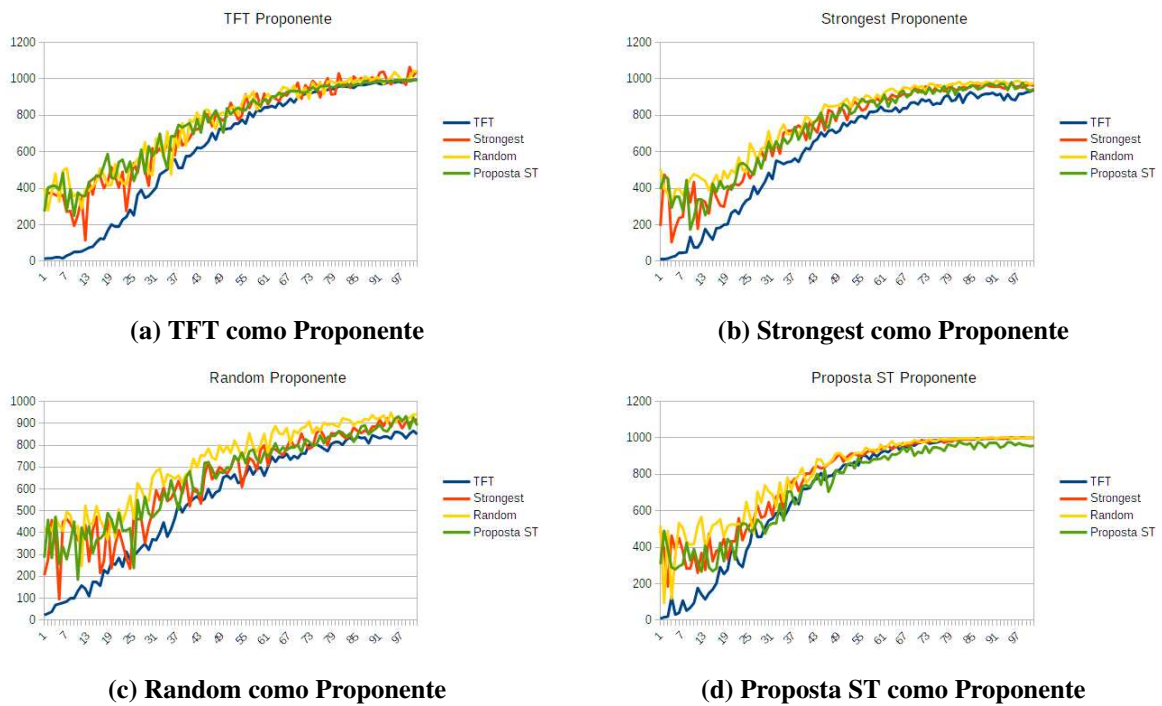
A Figura 31 apresenta a influência da percentagem de relações entre argumentos sobre o total de objetivos cancelados na semântica Estável. O eixo X representa a percentagem de 0 a 100 de um argumento aleatório possuir alguma relação de ataque ou suporte com qualquer outro argumento, e o eixo Y apresenta a quantidade de objetivos cancelados entre os dois agentes

Figura 29 – Total de Argumentos Trocados em Estável comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos



Fonte: Autoria Própria

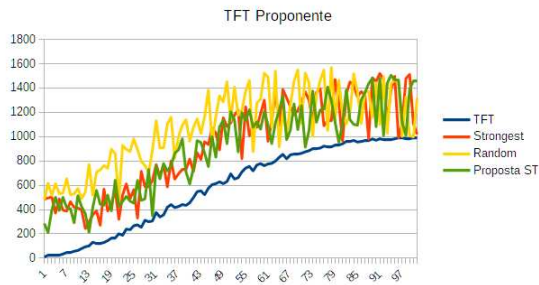
Figura 30 – Total de Objetivos Cancelados em Side Preferida comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos



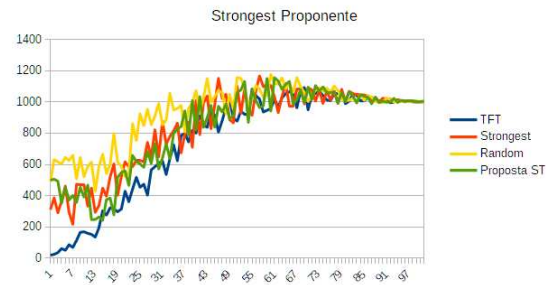
Fonte: Autoria Própria

dentro de 1000 casos.

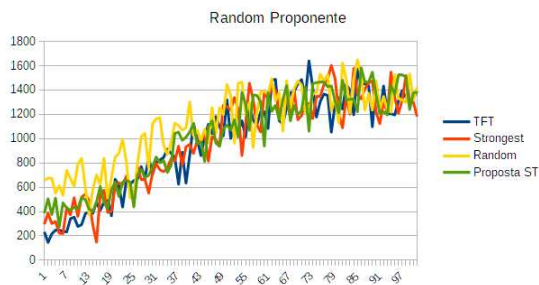
Figura 31 – Total de Objetivos Cancelados em Estável comparado com a Percentagem de Relações entre os Argumentos



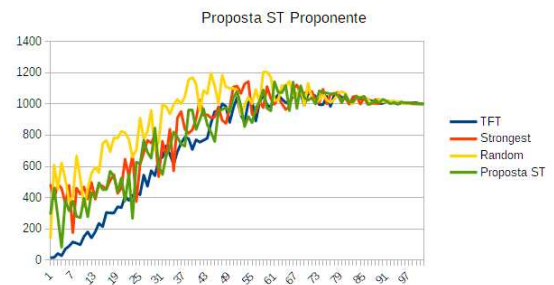
(a) TFT como Proponente



(b) Strongest como Proponente



(c) Random como Proponente



(d) Proposta ST como Proponente

Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE B – CÓDIGO DO TRABALHO

O código utilizado neste trabalho está publicamente disponibilizado no seguinte link:
<https://github.com/marmota26/Reciprocity>.

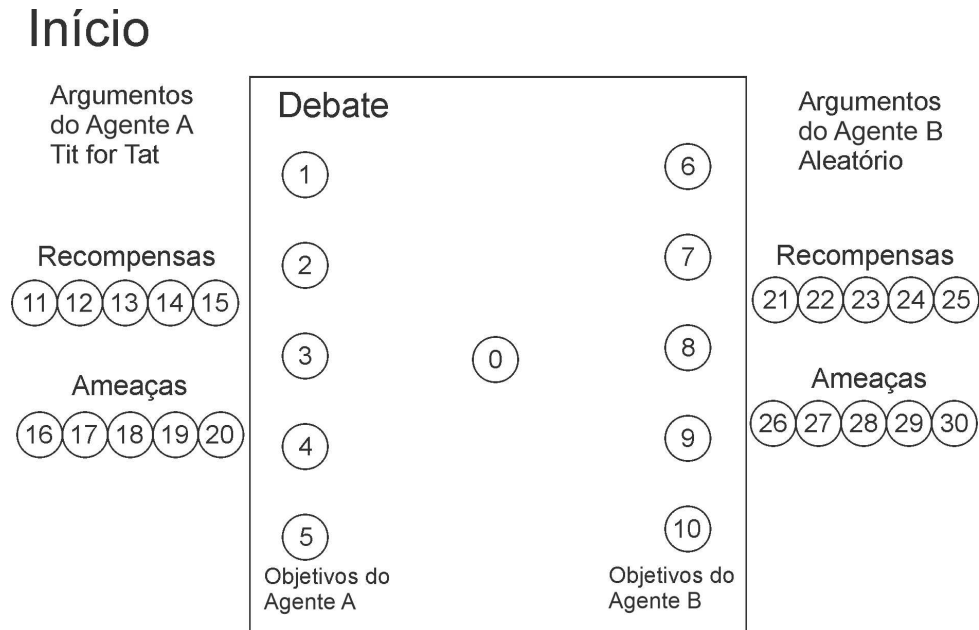
O projeto foi desenvolvido em Apache NetBeans IDE 12.6, com Java SE versão 17.0.2 64-bit. E sistema operacional Windows 10 versão 10.0.

O hardware utilizado para o projeto é um CPU AMD Ryzen 7 2700X, uma placa de vídeo Radeon RX 580, e 32gb de memória RAM tipo DDR4 rodando a 2800MHz.

APÊNDICE C – PASSO-A-PASSO DE UM DIÁLOGO

Neste apêndice, será demonstrado um passo-a-passo de um diálogo seguindo o modelo proposto.

Figura 32 – Cenário Inicial



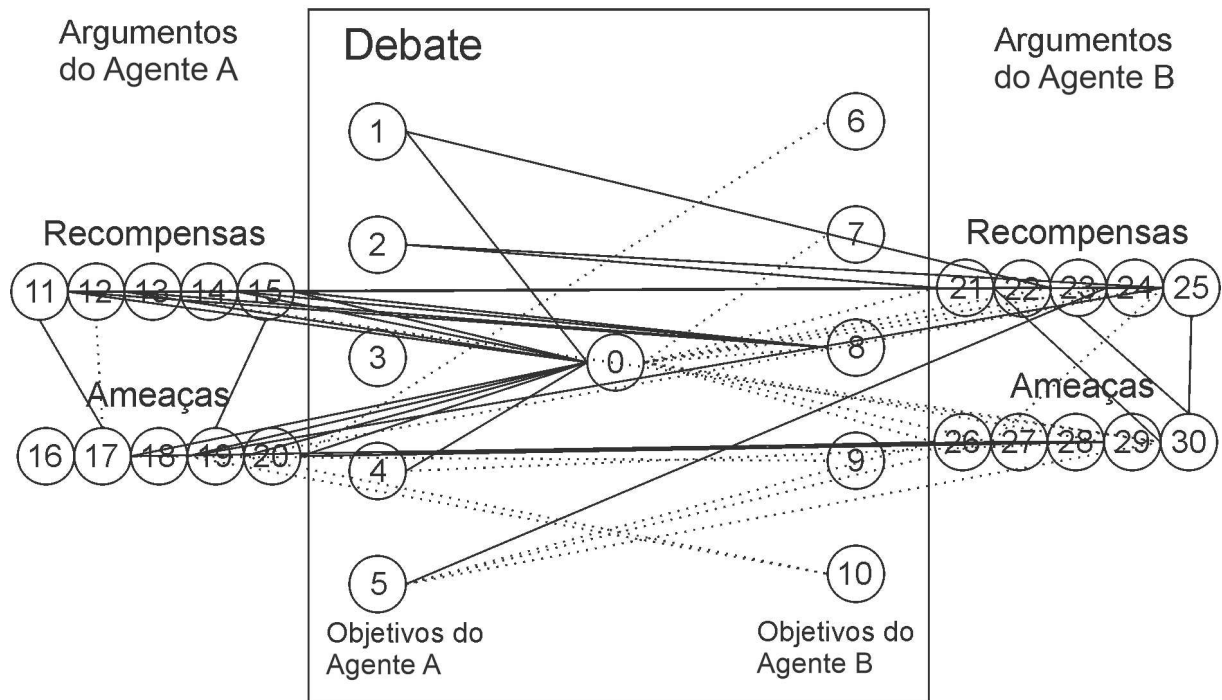
Fonte: Autoria própria.

A Figura 32 apresenta um exemplo de cenário inicial de diálogo. O argumento 0 no meio da imagem é a proposta inicial. Os "argumentos" numerados de 1 a 10 são os objetivos de cada agente, 1 a 5 são os objetivos de A, enquanto 6 a 10 são os objetivos do agente B. Cada agente possui 5 argumentos de recompensa e 5 argumentos de ameaça que são numerados de 11 a 30. O agente A utilizará a estratégia TFT enquanto o agente B será aleatório. A semântica a ser utilizada será a Dung Preferida. Neste cenário, o agente A será o proponente que iniciou com a proposta 0, e o agente B será o oponente.

A Figura 33 apresenta as interações entre os argumentos e objetivos do cenário de exemplo. As linhas contínuas representam relações de suporte, enquanto as linhas pontilhadas representam as relações de ataque. Como são muitas interações, esta imagem tem objetivo somente ilustrar a complexidade do grafo. Porém, podemos observar algumas características: todos os argumentos do agente A dão suporte à proposta, enquanto os argumentos do agente B atacam a proposta, com exceção de alguns argumentos que foram aleatoriamente alterados para se tornarem argumentos irrelevantes, e portanto, o peso deles é zero. A proposta possui uma relação de ataque contra o objetivo 7 e uma relação de suporte com o objetivo 1.

Figura 33 – Relações de argumentos no Cenário Inicial

Interações



Fonte: Autoria própria.

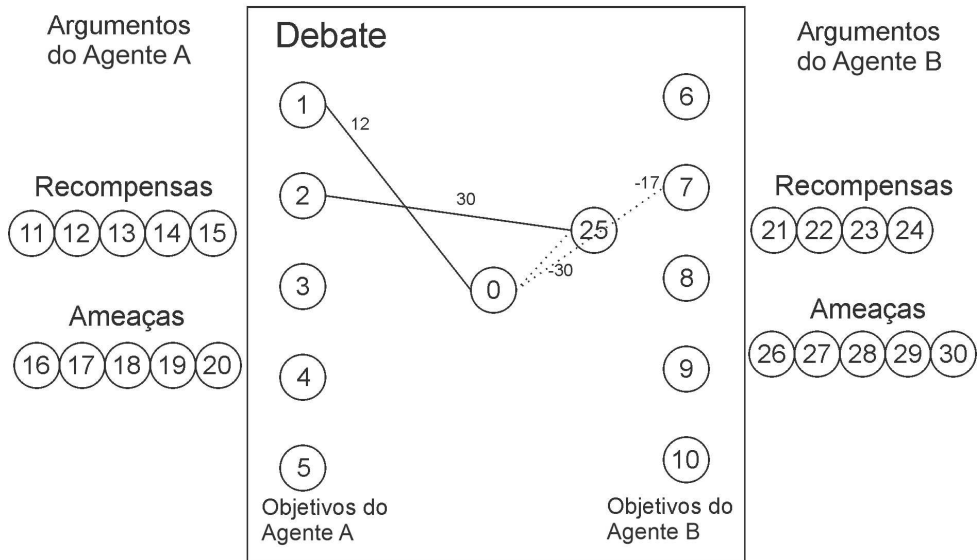
A Figura 34 apresenta o primeiro envio de argumento do agente B na rodada 1. De acordo com sua estratégia, ele aleatoriamente escolheu o argumento 25, um argumento de recompensa, pois ele dá suporte a um objetivo do adversário.

A Figura 35 apresenta então o resultado da extensão quando aplicado o argumento 25. Os argumentos e objetivos em verde então fazem parte da extensão, enquanto a proposta em vermelho apresenta que a proposta ficará de fora da extensão, e portanto, a proposta não será aceita. Como a proposta não será aceita, o objetivo 7 então deixa de ser atacado.

A Figura 36 apresenta o primeiro envio de argumento do agente proponente. Como este agente está utilizando a estratégia TFT, ele irá contra-argumentar uma recompensa com outra recompensa. Como pode-se observar, o peso do argumento é 89, porém, a força que ele exerce sobre o objetivo do oponente é um valor diferente, pois isto depende da importância do objetivo. Nestes testes que estamos realizando, os valores de importância são aleatórios para reduzirmos um possível enviesamento com a necessidade de implementarmos uma heurística para que o agente modele a importância dos objetivos de seu adversário.

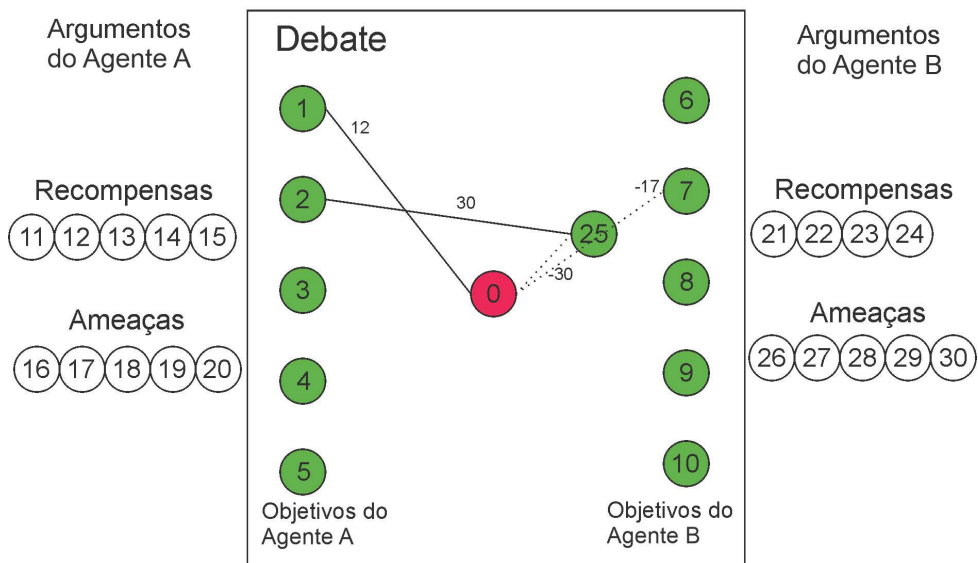
A Figura 37 apresenta o resultado atualizado da extensão com a inclusão do argumento 11. Assim como antes, os argumentos em verde são os que estão dentro da extensão, enquanto

Figura 34 – Primeiro envio de Argumento do agente Oponente
Rodada 1 - Arg Inicial 25



Fonte: Autoria própria.

Figura 35 – Argumento Válido enviado pelo Oponente
Rodada 1 - Arg Inicial 25 Sucesso

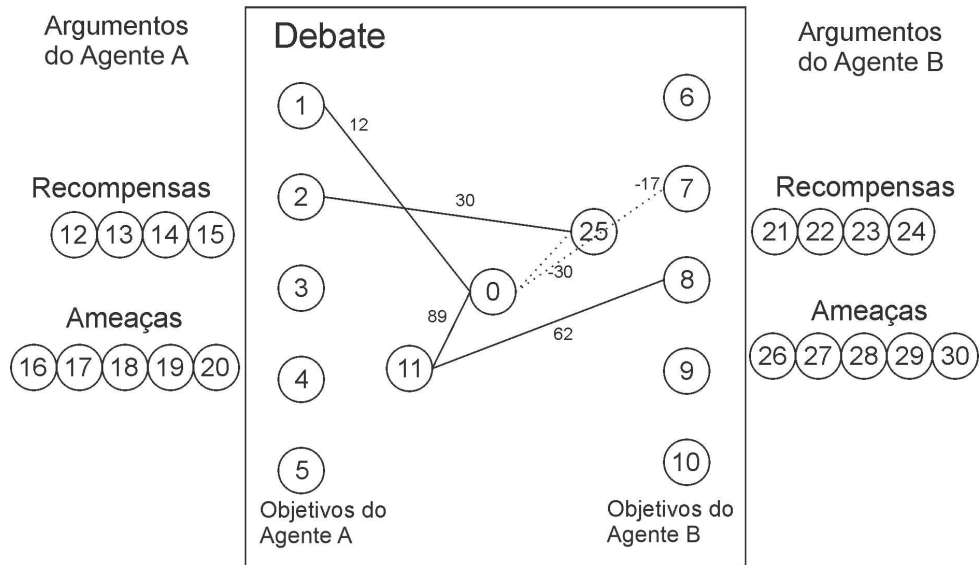


Fonte: Autoria própria.

os argumentos em vermelho são os que estão fora. Como a proposta passou a ser aceita nesta extensão, o objetivo 7 é considerado atacado pela proposta.

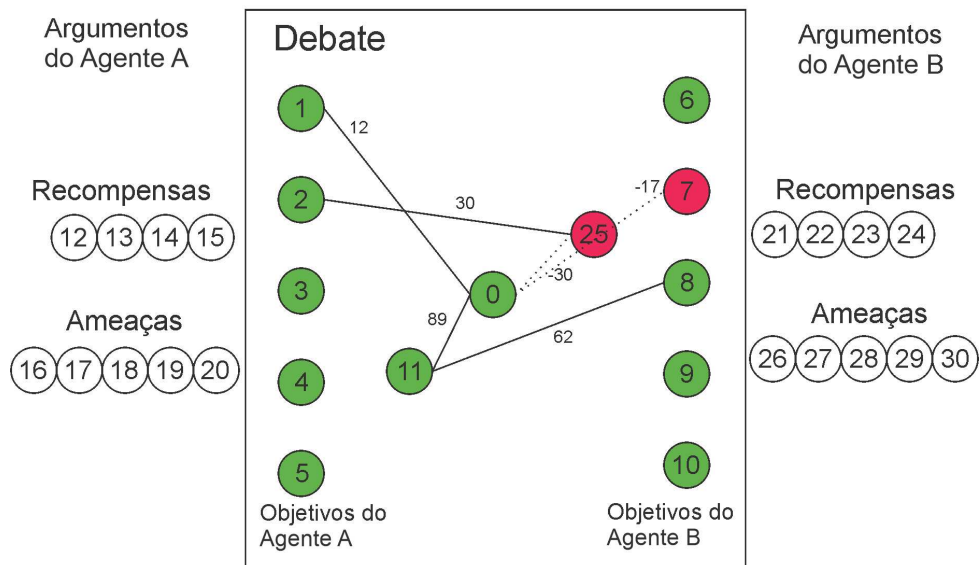
A Figura 38 apresenta o primeiro envio de argumento da rodada 3 feita pelo agente oponente. Como o argumento 30 dá suporte ao argumento 25, além do ataque direto que ele realiza contra a proposta, ele também dá um ataque indireto na forma de ataque suportado. O cálculo realizado então é de 42% de -30, ou seja um ataque suportado de -12 (divisão de inteiros

Figura 36 – Primeiro envio de Argumento do agente Proponente
Rodada 2 - Arg Inicial 11



Fonte: Autoria própria.

Figura 37 – Argumento Válido enviado pelo Proponente
Rodada 2 - Arg Inicial 11 Sucesso

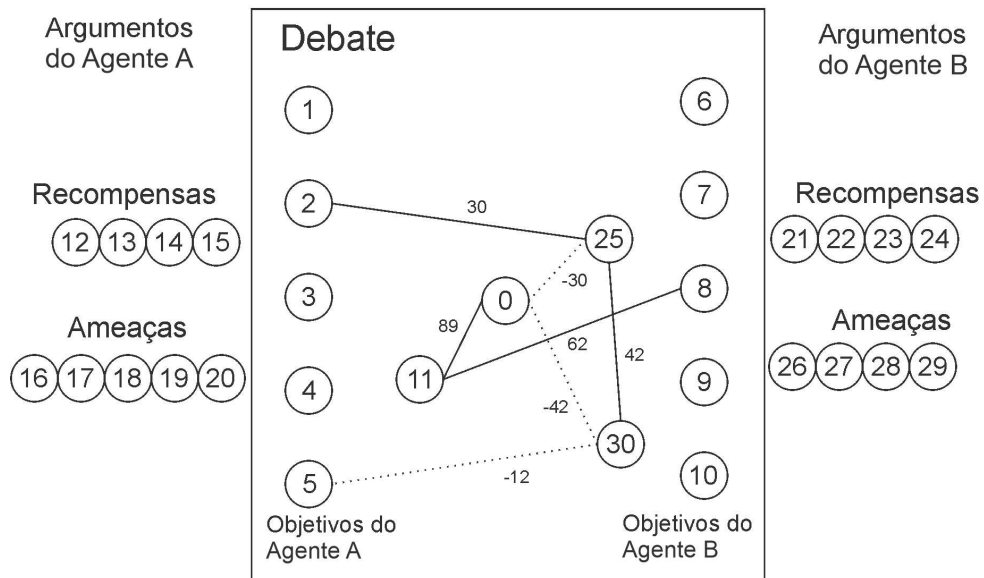


Fonte: Autoria própria.

na linguagem de programação utilizada é arrendando para baixo), portanto os dois argumentos juntos têm um ataque total de -84 (-42 mais -30 mais -12) contra a proposta, porém inferior ao suporte de 89 do proponente.

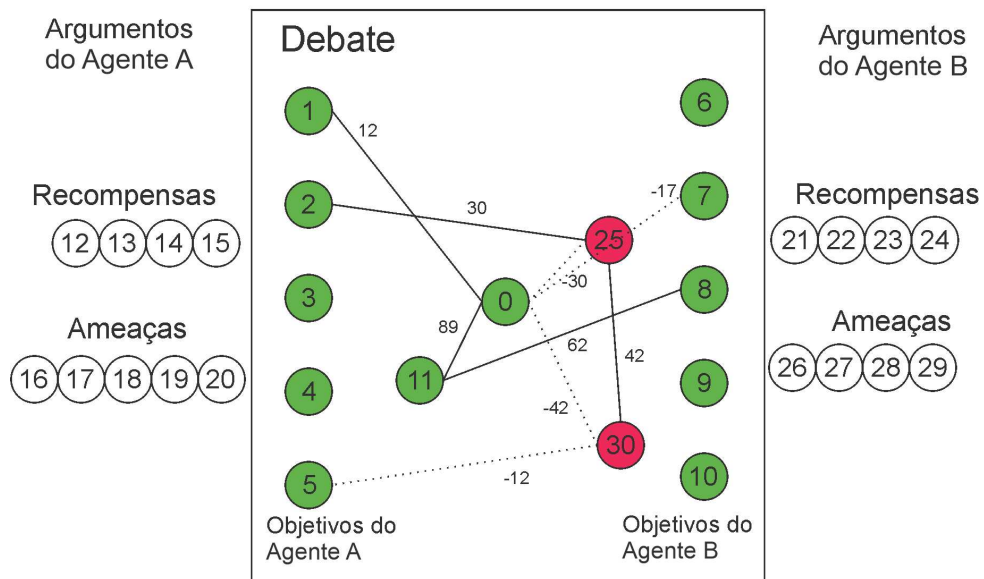
A Figura 39 apresenta a extensão com a inclusão do argumento 30. Pode-se observar que o argumento é inválido, pois o argumento não foi capaz de alterar a extensão escolhida da semântica. Como os argumentos em verde se mantém os mesmos, então esse será considerado a

Figura 38 – Primeiro envio de Argumento do agente Oponente da Rodada 3
Rodada 3 - Arg Inicial 30



Fonte: Autoria própria.

Figura 39 – Primeiro argumento inválido enviado pelo Oponente
Rodada 3 - Arg Inicial 30 Falha



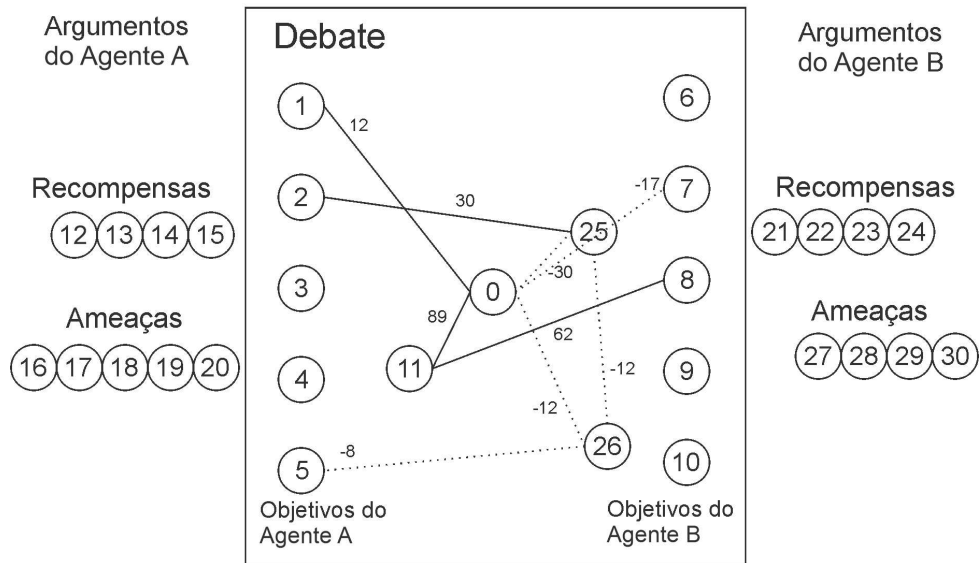
Fonte: Autoria própria.

primeira falha de envio de argumento do agente oponente.

A Figura 40 apresenta o segundo envio de argumento da rodada 3 feita pelo agente oponente. O agente então escolheu de forma aleatória o argumento 26, porém este argumento tem um peso ainda menor que o argumento anterior, e este argumento ataca o argumento 25.

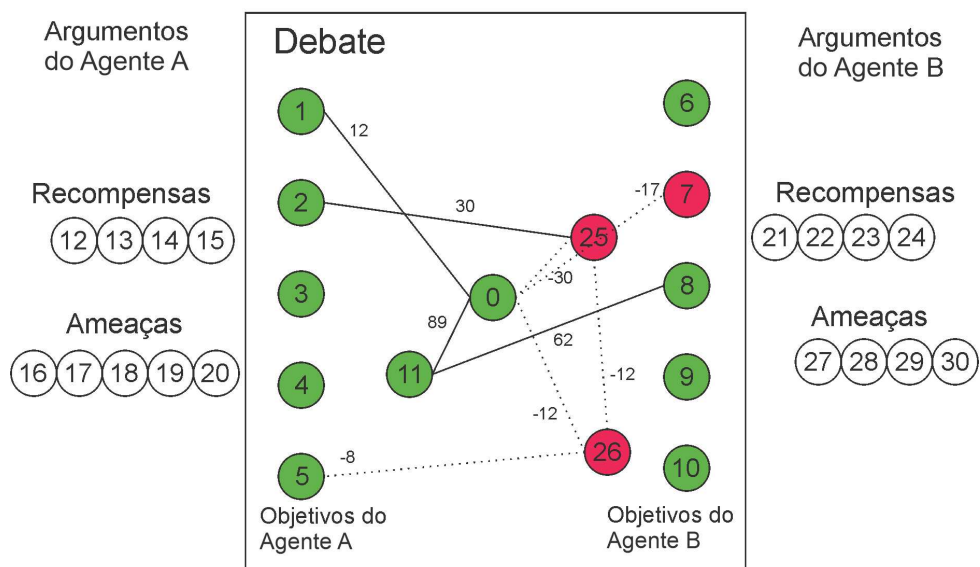
A Figura 41 apresenta a extensão com a inclusão do argumento 26. Como pode-se

Figura 40 – Segundo envio de Argumento do agente Oponente da Rodada 3
Rodada 3 - Arg Segundo 26



Fonte: Autoria própria.

Figura 41 – Segundo argumento inválido enviado pelo Oponente
Rodada 3 - Arg Segundo 26 Falha

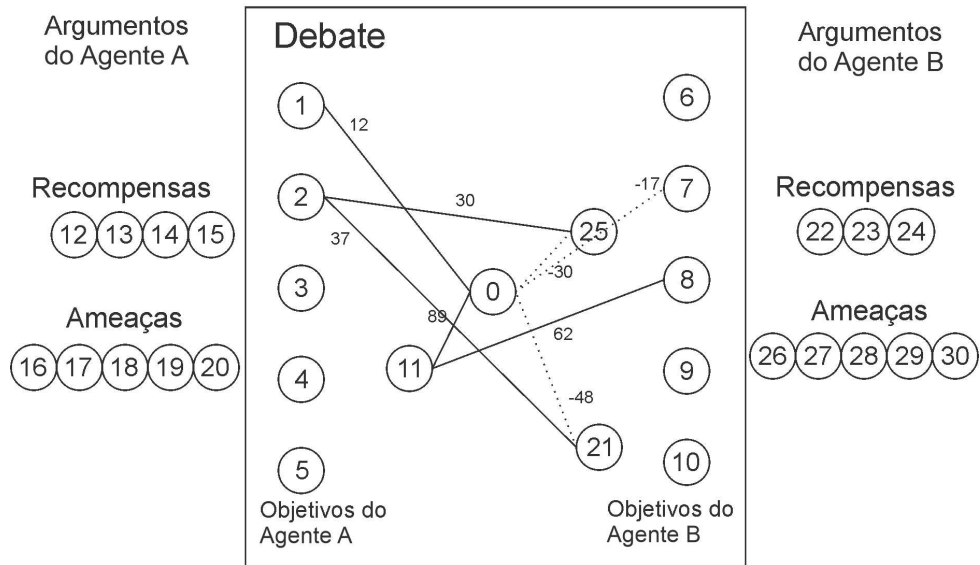


Fonte: Autoria própria.

observar, este grafo é similar ao da ??, e o agente B então, falha ao apresentar um argumento válido pela segunda vez.

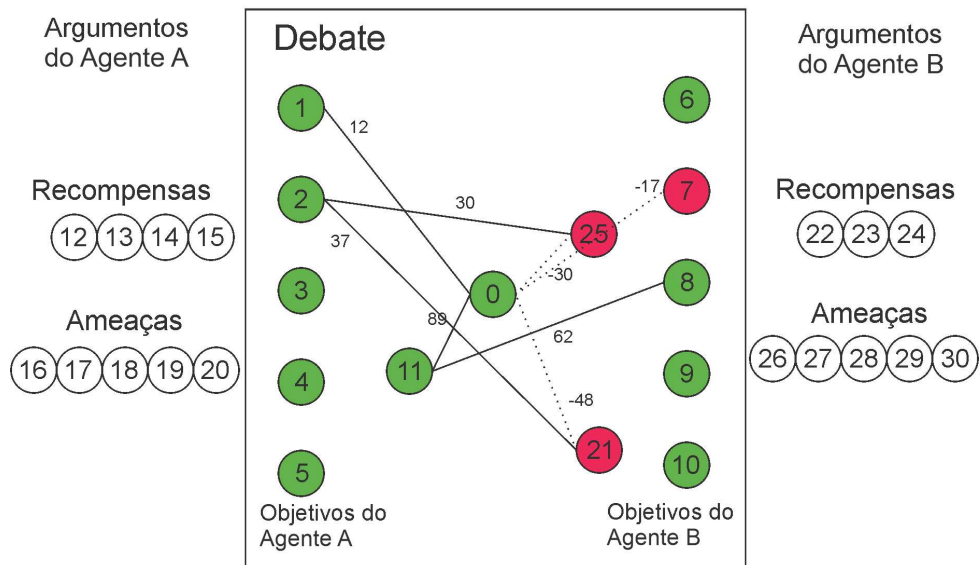
A Figura 42 apresenta o terceiro envio de argumento da rodada 3 feita pelo agente oponente. O agente então escolheu de forma aleatória o argumento de recompensa 21, com um peso de 48. Com um limite de tentivas de 3, este então é a última chance do agente apresentar um argumento válido.

Figura 42 – Terceiro envio de Argumento do agente Oponente da Rodada 3
Rodada 3 - Arg Terceiro 21



Fonte: Autoria própria.

Figura 43 – Terceiro argumento inválido enviado pelo Oponente
Rodada 3 - Arg Terceiro 21 Falha

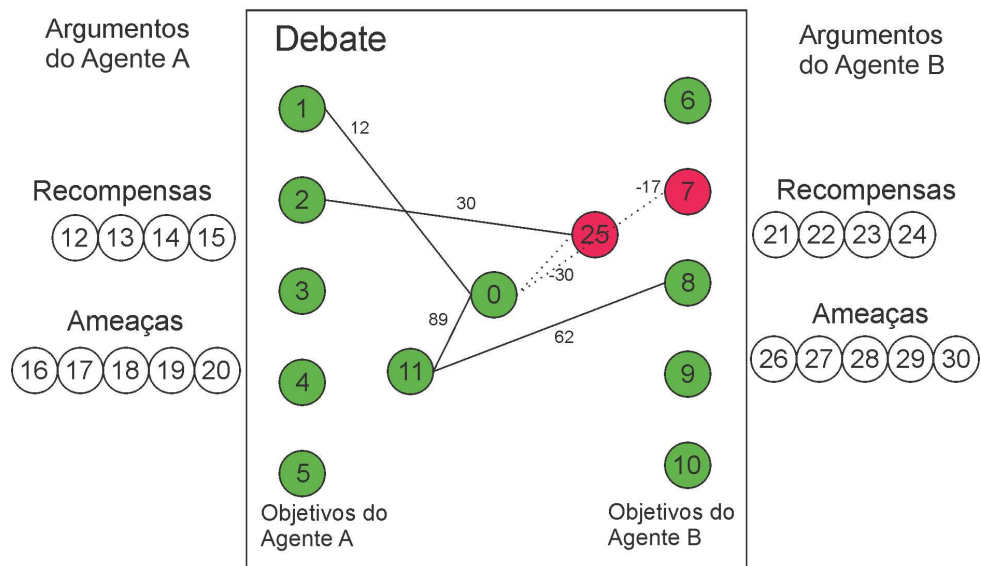


Fonte: Autoria própria.

A Figura 43 apresenta a extensão com a inclusão do argumento 26. Nota-se então que o agente falhou pela terceira vez em apresentar um argumento válido, e portanto é obrigado a conceder a negociação, o que significa que o agente proponente persuadiu o agente oponente com sucesso.

Finalmente então, a Figura 44 apresenta o resultado da negociação entre os dois agentes. O agente B sairá com 1 objetivo atacado, e será considerado que este framework possui um total

Figura 44 – Extensão Final da Argumentação
Rodada 3 - Arg Inicial 11 Extensão Final



Fonte: Autoria própria.

de 2 argumentos trocados, apesar de mais argumentos terem sido enviados. O agente proponente é considerado que persuadiu o agente oponente com sucesso.