



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANDERSON PAULO ÁVILA SANTOS

UMA ABORDAGEM PARA COALIZÕES EM
NEGOCIAÇÃO AUTOMÁTICA DE CONTRATOS
MULTILATERAIS

Londrina
2017

ANDERSON PAULO ÁVILA SANTOS

UMA ABORDAGEM PARA COALIZÕES EM
NEGOCIAÇÃO AUTOMÁTICA DE CONTRATOS
MULTILATERAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Baccarin.

Coorientador: Prof. Dr. Daniel dos Santos Kaster.

Londrina
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Santos, Anderson Paulo Avila.

Uma Abordagem para Coalizões em Negociação Automática de Contratos Multilaterais / Anderson Paulo Avila Santos. - Londrina, 2017.

87f. : il.

Orientador: Evandro Baccarin.

Coorientador: Daniel dos Santos Kaster.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Coalizão - Tese. 2. Negociação automática de contratos - Tese. 3. Contratos multilaterais - Tese. 4. Protocolo de Negociação - Tese. I. Baccarin, Evandro . II. Kaster, Daniel dos Santos. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. IV. Título.

ANDERSON PAULO ÁVILA SANTOS

UMA ABORDAGEM PARA COALIZÕES EM NEGOCIAÇÃO
AUTOMÁTICA DE CONTRATOS MULTILATERAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Evandro Baccarin
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Luciano Antonio Digiampietri
Universidade de São Paulo - USP

Profa. Dra. Fernanda Araujo Baião Amorim
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

Prof. Dr. Rodolfo Miranda de Barros
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 26 de maio de 2017.

*Este trabalho é dedicado aos meus pais, que
apesar de todas os percalços em momento
algum hesitaram em me incentivar e apoiar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Paulo e Maria, pelo apoio incondicional, compreensão e carinho durante todos os momentos.

Agradeço ao Prof. Dr. Evandro Baccarin e ao Prof. Dr. Daniel dos Santos Kaster pelas orientações e dedicação. Proporcionando o amadurecimento científico. Por toda ajuda e dedicação nos mais diversos momentos.

Aos amigos e colegas de laboratório, pelo apoio e suporte na pesquisa e pelos momentos de descontração que foram proporcionados.

A CAPES, pela bolsa concedida.

*“Remembering that you are going to die is
the best way I know to avoid the trap of
thinking you have something to lose. You
are already naked. There is no reason not to
follow your heart.”
(Steve Jobs)*

SANTOS, Anderson Paulo Ávila. **Uma Abordagem para coalizões em negociação automática de contratos multilaterais**. 2017. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

Nos dias atuais, percebe-se um aumento da necessidade de sistemas de suporte a tomada de decisão em cadeias produtivas. Este tipo de cadeia é por natureza dinâmica e heterogênea. Ela compreende uma cadeia de negociações entre fornecedores e consumidores ou usuário dentro de algumas etapas. Sistemas multiagentes podem ser empregados para permitir negociações automáticas. Tais sistemas compreendem vários agentes de negociação autônomos. Negociações automáticas bem sucedidas podem ser registradas através de um contrato eletrônico, que são, em geral, bilaterais. Contudo, alguns estágios da cadeia produtiva poderiam se organizar em Organizações Virtuais por meio de contratos multilaterais. Além disso, alguns desses negociadores podem compartilhar interesse em comum, promovendo a cooperação entre eles, através das coalizões. Dado que as cadeias de suprimentos são diversificadas e que são compostas por elementos heterogêneos, o número de possíveis organizações de uma coalizão é variado, esta dissertação propõe uma investigação sistemática de algumas das formas possíveis de formar coalizões. Também fornece uma estrutura para apoiar a implementação de agentes de negociação capazes de atuar em coalizões. Este framework é uma extensão do *SPICA framework*. As principais contribuições desse trabalho são: (i) uma abordagem para o problema de coalizão de negociadores de maneira abrangente; (ii) propor um modelo para negociadores no contexto de coalizões levando em conta os riscos; (iii) implementar um ambiente de execução, simulação e experimentação de coalizões de acordo com o modelo criado.

Palavras-chave: Coalizão. Negociação automática de contratos. Contratos multilaterais. Protocolo de negociação. Coalizões com vínculo. Coalizões sem vínculo.

SANTOS, Anderson Paulo Ávila. **An approach for coalitions within automatic negotiation of multilateral contracts**. 2017. 87 p. Dissertation (Master's degree in Science in Computer Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

ABSTRACT

Nowadays, there is an increasing need of decision support systems for agricultural supply chains. This kind of chain is by nature dynamic and heterogeneous. It comprises a chain of negotiations among suppliers and consumers or user within its several stages. Multi-agent systems can be employed to allow for automatic negotiations. Such systems comprises a bunch of autonomous negotiation agents. Successful automatic negotiations can be registered by means of electronic contracts, which are, in general, bilateral. However, some stages of a supply chain could be organized as Virtual Organizations by means of multilateral contracts. In addition a few of the negotiators share common interests, fostering cooperation among them, by means of coalitions. Given that supply chains are quite diverse and that they are composed by heterogeneous elements, the number of possible organization of a coalition is multifarious, this dissertation proposes a systematic investigation of all possible ways to form coalitions. It also provides a framework to support the implementation of negotiation agents able to act in coalitions. This framework is an extension of the *SPICA framework*. The main contributions of this work are: (i) an approach to the problem of coalition of negotiators in a comprehensive manner; (ii) proposes a model for negotiators within the context of coalitions that take part of risks them; (iii) implements an environment of execution, simulation and experimentation of coalitions according to the model created.

Keywords:Coalition. Automated contract negotiation. Multiparty contracts. Negotiation protocol. Binding coalitions. Non-binding coalitions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo para cadeias produtivas utilizado pelo <i>SPICA</i>	25
Figura 2 – Um esquema de cláusula.	26
Figura 3 – Processo de negociação de uma barganha	30
Figura 4 – Processo de negociação de um leilão	31
Figura 5 – Processo de negociação de uma votação	32
Figura 6 – Modelo mínimo	35
Figura 7 – Cenários para coalizões em negociação automática	36
(a) Proxy é um membro da coalizão	36
(b) Proxy não é um membro e assina o contrato	36
(c) Proxy não é um membro e não assina o contrato	36
Figura 8 – Cenários de acordo com a intenção da coalizão	37
(a) Compartilhamento de recursos com apenas um O2	37
(b) Compartilhamento de recursos com mais de um O2	37
(c) Definição de quota com apenas um O2	37
(d) Definição de quota com mais de um O2	37
(e) Atribuir valores às propriedades de um contrato	37
Figura 9 – Exemplo de tabela de decisão	51
Figura 10 – Sumário de intenções no framework <i>SPICA</i>	57
Figura 11 – Explosão de intenções	57
Figura 12 – Concordando sobre a proposta	58
Figura 13 – Organização do Middleware (Fonte: 1, p. 14)	59
Figura 14 – XML de mensagem	60
Figura 15 – Log de eventos	60
Figura 16 – Exemplo interface VotingIF	61
Figura 17 – Exemplo de método do ConsultationIF	61
Figura 18 – Cenário da negociação da empresa de granola.	64
Figura 19 – Vencedores com consulta e sem consulta.	67
Figura 20 – Lucro total com consulta e sem consulta.	68
Figura 21 – Custo total com consulta e sem consulta.	68
Figura 22 – Custo por leilão e número de vencedores com coalizão com e sem consulta 69	
Figura 23 – Lucro total variando o <i>fairness</i> de todos os membros	70
Figura 24 – Lucro total variando o <i>fairness</i> de apenas um membro	70
Figura 25 – Uma série de votações (Concordando com a Proposta)	72
Figura 26 – Comportamento de voto de uma coalizão homogênea	74
Figura 27 – Majoritário versus voto de consenso coalizão heterogênea desbalanceada 74	

Figura 28 – Preço de venda combinado para coalizões heterogêneas – coalizão balanceada	75
Figura 29 – Preço de venda combinado para coalizões heterogêneas – coalizão desbalanceada	76
Figura 30 – Mapas de calor de faturamento para coalizão desbalanceada	77
(a) Fairness: 0%	77
(b) Fairness: 33%	77
(c) Fairness: 66%	77
(d) Fairness: 100%	77
Figura 31 – Número de membros que venceram o leilão(Fairness=1.0)	77
Figura 32 – Mapas de calor de faturamento para coalizão balanceada	78
(a) Fairness: 0%	78
(b) Fairness: 33%	78
(c) Fairness: 66%	78
(d) Fairness: 100%	78
Figura 33 – Lucro líquido da coalizão	79
(a) Aggressiveness: 0%	79
(b) Aggressiveness: 33%	79
(c) Aggressiveness: 66%	79
(d) Aggressiveness: 100%	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	<i>Automated Negotiation Agent Competition</i>
CP	Custo de produção
DP	Desvio padrão
F	<i>fairness</i>
GENIUS	<i>General Environment for Negotiation with Intelligent multi-purpose Usage Simulation</i>
Info	<i>Information</i>
OV	Organização Virtual
LE	Lucro esperado
MVT	Média do valor do transporte
PCT	Percentual do custo do transporte
RFI	<i>Request for information</i>
RFP	<i>Request for proposals</i>
SPICA	<i>SuPply chain Integration, Coordination, contracting and Auditing framework</i>
VE	Valor esperado
VM	Média do valor de venda
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	CONCEITOS E TRABALHOS RELACIONADOS	17
2.1	Negociação Automática de Contratos	17
2.2	Coalizões em Negociação Automática de Contratos	19
2.3	Ambientes de Negociação Automática e Coalizões	21
3	O <i>FRAMEWORK</i> DE NEGOCIAÇÃO <i>SPICA</i>	24
3.1	Modelo e Arquitetura de Cadeia Produtiva do <i>SPICA</i>	24
3.2	O Processo de Negociação	26
3.3	Protocolo de Negociação	27
3.4	Principais Estilos de Negociação Suportados	29
3.4.1	Barganha	29
3.4.2	Leilão	29
3.4.3	Votação	31
4	PROPOSTA DE MODELO COMPORTAMENTAL EM NEGOCIAÇÃO AUTOMÁTICA DE CONTRATOS BASEADA EM RISCOS	33
4.1	Levantamento de Características das Coalizões	33
4.2	Levantamento de Cenários para Coalizões	34
4.2.1	Compartilhamento de Recurso	36
4.2.2	Definição de Quota	38
4.2.3	Atribuir Valores a Propriedades do Contrato	39
4.3	Padrões Envolvendo Coalizões em Negociação Automática de Contratos	39
4.3.1	Compartilhamento de Recurso	39
4.3.1.1	Compartilhamento de recurso <i>binding</i> multilateral	40
4.3.1.2	Compartilhamento de recurso <i>non-binding</i> multilateral	40
4.3.1.3	Compartilhamento de recurso <i>binding</i> bilateral	41
4.3.2	Definição de Quotas	41
4.3.2.1	Definição de quotas <i>non-binding</i> multilateral	42
4.3.2.2	Definição de quotas <i>binding</i> multilateral	43
4.3.3	Atribuição de Valores a Propriedades do Contrato	43
4.3.3.1	Atribuição de valores <i>binding</i> multilateral	44
4.3.3.2	Atribuição de valores <i>non-binding</i> multilateral	44

4.4	Levantamento de Riscos Envolvidos na Construção de Coalizões	45
4.4.1	Risco de Comportamento Desleal	45
4.4.2	Risco de Heterogeneidade de Comportamento	46
4.4.3	Risco de Fuga de Membro	47
5	MODELAGEM COMPORTAMENTAL	49
5.1	O negociador	49
5.1.1	A tabela de decisão	50
5.2	Modelagem comportamental guiada por riscos	51
5.2.1	Como <i>fairness</i> influencia na tomada de decisão	52
5.2.2	Como <i>aggressiveness</i> influencia na tomada de decisão	52
5.2.3	Como <i>commitment</i> influencia na tomada de decisão	53
5.3	Proposta de um ambiente para negociações automática de contrato com foco em coalizões	54
5.3.1	Integração da modelagem comportamental para coalizões com o processo de negociação do <i>SPICA framework</i>	54
5.3.2	Implementação	58
6	EXPERIMENTOS E RESULTADOS	63
6.1	Estudo de Caso 1: Companhia de Granola	63
6.1.1	Avaliação dos resultados	65
6.2	Estudo de Caso 2: Inclusão de Agressividade	70
6.2.1	Cenário de negociação	71
6.2.2	Descrição e configuração dos experimentos	72
6.2.3	Resultados e análise dos experimentos	73
7	CONCLUSÃO	80
7.1	Resumo das Contribuições	80
7.2	Trabalhos Futuros	81
	REFERÊNCIAS	83
	Trabalhos Publicados pelo Autor	87

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, percebe-se cada vez mais a necessidade de ferramentas com a capacidade de realizar tomadas de decisões em cadeias produtivas, que são altamente dinâmicas e imprevisíveis [2]. Uma cadeia produtiva é tipicamente formada por fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas. Dentro da rede formada pela cadeia produtiva, as decisões tomadas por seus membros podem ser contraditórias, levando assim ao conflito de interesses entre seus participantes. A cadeia produtiva envolve a cadeia de negociação em que uma parte precisa e a outra fornece os produtos ou serviços. Este tipo de negociação na cadeia produtiva é considerado como negociações entre compradores e vendedores [3].

Com o objetivo de tornar essas negociações automáticas, surge a possibilidade de utilizar *softwares* multiagentes. Este tipo de software é constituído por negociadores que trabalham de maneira autônoma, que podem negociar os itens de seu interesse com um ou muitos negociadores [4]. As negociações eletrônicas, quando bem sucedidas, são normalmente registradas através de um contrato eletrônico. Em ambientes de cadeias produtivas, este contrato usualmente é bilateral, ou seja, entre um vendedor e um comprador. Entretanto, alguns segmentos de uma cadeia produtiva poderiam, com grande benefício, organizar-se como organizações virtuais (OV). Para tal, é mais conveniente utilizar um contrato multilateral entre os membros da OV em lugar de um conjunto de contratos bilaterais [5]. Um contrato multilateral é assinado por mais de dois signatários e todos eles devem cooperar para que as obrigações do contrato sejam cumpridas.

Entretanto, alguns desses negociadores podem compartilhar interesses em comum, tornando interessante a cooperação entre eles. Esta cooperação tem o objetivo de que de alguma forma, eles possam se beneficiar mutuamente na cadeia produtiva. Surge então a oportunidade de formar coalizões. Segundo Peleteiro[6], coalizão é a união de dois ou mais negociadores que compartilham um mesmo objetivo com o intuito de gerar benefício próprio. Sendo assim, é possível que eles compartilhem algum recurso ou informação. Isto torna os participantes mais competitivos e aumenta seus poderes perante à outros que não fazem parte da coalizão. Tais coalizões possuem um objetivo específico e geralmente com uma curta duração, sendo dissolvidas com o alcance do objetivo.

Sendo que cadeias produtivas são muito diversas entre si (por exemplo, a cadeia da soja e a cadeia do sapato para exportação) e que uma cadeia produtiva é composta por elementos muito heterogêneos, como, por exemplo, uma grande indústria alimentícia que fabrica diversos tipos de alimentos manufaturados, vários produtores rurais de diversos tamanhos (desde pequenos produtores até grandes empresas de monocultura) que fornecem para esta indústria, várias empresas de diversas finalidades (atacadista, catering, etc) que compram da indústria, as possíveis formas de coalizão que podem ocorrer são variadas.

Isto oferece a oportunidade de estudar e sistematizar de forma ampla e abrangente as tais possíveis formas de coalizão. A sistematização deste estudo abrangente pode ocorrer com a definição de um modelo de negociador capaz suportar coalizões como aspecto essencial do processo de negociação, não apenas como um aspecto pontual, quase acessório dentro do processo de negociação.

Porém, para que tais negociadores possam ser implementados, há a necessidade de uma infraestrutura adequada, incluindo protocolos de negociação que dê suporte adequado para a implementação de negociadores capazes de atuar no contexto cadeias produtivas. Estes protocolos de negociação normalmente possuem diversos mecanismos, tais mecanismos – leilões, baganhas – são fundamentais para permitir que dois ou mais negociadores cheguem a um acordo de troca de bens ou serviços [7]. No entanto, são poucos os protocolos, se algum, que abordam a formação de coalizão de forma abrangente e sistematizada.

Este trabalho tem como objetivo principal o tratamento de coalizões em negociação automática de uma forma abrangente e sistematizada. Primeiramente, são explorados os cenários possíveis em que coalizões podem ocorrer e quais os atores em cada situação. Os cenários são organizados em padrões que abordam variações baseadas no tipo de coalizão (com vínculo ou sem vínculo) e no tipo de contrato a ser negociado. A partir dos padrões identificados, o trabalho propõe um modelo comportamental para coalizões baseado nos riscos inerentes ao processo, considerando-se um negociador simples mas flexível o suficiente para representar uma gama ampla de situações. Para implementação das propostas, foram desenvolvidas extensões ao protocolo de negociação implementado no *framework SPICA (Supply chain Integration, Coordination, Contracting and Auditing)* [5] de forma a suportar coalizões dentro de um processo de negociação de contratos multilaterais. Por fim, foram implementados estudos de caso capazes de representar situações envolvendo coalizões e avaliar resultados do processo de negociação variando-se parâmetros do modelo proposto.

Em resumo, as principais contribuições desta dissertação são: (i) abordar o problema de coalizão de negociadores automáticos de forma abrangente; (ii) propor um modelo para negociadores dentro do contexto de coalizões que leva os riscos inerentes à participação dentro de uma coalizão; (iii) implementar um ambiente de execução, simulação e experimentação de coalizões onde seus integrantes são implementados segundo tal modelo. Os resultados obtidos com a execução dos estudos de caso mostram a flexibilidade das propostas da dissertação, bem como indicam a aplicabilidade do modelo para simulação, pois o comportamento identificado reflete de forma coerente o que se espera em situações reais previsíveis.

Organização do trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte maneira:

- O Capítulo 2 apresenta os conceitos de negociação automática e os trabalhos relacionados, demonstra como são abordadas as coalizões em negociação automática de contratos;
- O Capítulo 3 apresenta o *framework SPICA*, o seu mapeamento para cadeias produtivas e seu funcionamento;
- O Capítulo 4 apresenta a proposta de sistematização de coalizões em negociação automática, levantando características, cenários possíveis para a formação de coalizões, padrões de realização desses cenários e riscos inerentes às diferentes situações;
- O Capítulo 5 apresenta uma modelagem comportamental com base nos riscos que foram levantados e detalha como este modelo é aplicado ao *framework SPICA*;
- O Capítulo 6 apresenta os experimentos e resultados que foram obtidos através dos experimentos propostos em estudos de caso que buscaram avaliar se o modelo reflete os comportamentos desejados;
- O Capítulo 7 apresenta as conclusões alcançadas com o trabalho e trabalhos futuros.

2 CONCEITOS E TRABALHOS RELACIONADOS

Temas relacionados à negociação automática têm sido extensivamente explorados na literatura há vários anos. O conceito de *negociação automática* é o processo em que duas ou mais partes negociam recursos almejando ganho mútuo, para tal faz-se uso de ferramentas e técnicas de comércio eletrônico. Essas partes precisam concordar com algo que os economistas chamam de *mecanismo de mercado* ou *mecanismo de negociação* [4]. Tal mecanismo define as regras a serem seguidas durante o processo de negociação, além de definir antecipadamente possíveis ações que possam vir a ser tomadas, sejam em resposta a ações de outras partes ou em resposta a eventos externos [8].

Neste contexto, alguns negociadores podem compartilhar de um mesmo interesse e para que possam se beneficiar surge então a possibilidade da formação de uma aliança, ou coalizão, entre eles. Coalizões são consideradas benéficas no mercado de venda, além disso, elas são características comuns em uma sociedade, podendo se manifestar em diversos ambientes sócio-econômicos [9]. Segundo HORLING e LESSER[10], a noção de coalizão tem sido estudada pela comunidade de teoria dos jogos por muitos anos, e em diversos estudos tem-se mostrado muito útil no cenário econômico. Entretanto, os trabalhos que abordam coalizões em negociação automática de contratos o fazem de maneira bastante pontual. Desta forma, percebe-se a necessidade de uma abordagem que trate o assunto como uma característica de primeira classe, verificando de forma abrangente em que sentidos coalizões introduzem particularidades no processo de negociação, no comportamento dos negociadores e no ambiente de execução.

Este capítulo introduz os principais conceitos inerentes a contratos eletrônicos e negociação automática desses contratos. Em seguida, são apresentados trabalhos relacionados à esta dissertação sob dois aspectos: trabalhos que consideram coalizões no processo de negociação e *frameworks* que possibilitam a implementação e execução de tarefas de negociação automática, com foco no suporte a coalizões. O capítulo também introduz o *framework SPICA*, utilizado neste trabalho para a implementação do modelo proposto para tratamento de coalizões.

2.1 Negociação Automática de Contratos

Há muitos elementos envolvidos em um processo de negociação automática. Um elemento fundamental neste processo é o conceito de contratos eletrônicos (*e-contracts*), que são utilizados para estabelecer os compromissos das negociações Chiu et al.[11]. afirmam que modelos de contrato podem ser utilizados como documento de referência para a negociação. As negociações são realizadas com base nos termos contidos em um modelo de

contrato. De uma forma geral, uma negociação automática deve englobar três aspectos: o *Protocolo de Negociação*, o *Objeto de Negociação* e o *Modelo de Tomada de Decisões* [12]:

O Protocolo de Negociação é um conjunto de regras que governam a interação entre os agentes negociadores. Agente de software é definido como um sistema computacional encapsulado, capaz de agir de forma flexível e autônoma no ambiente ao qual está inserido a fim de cumprir os seus objetivos [13]. O protocolo inclui também os tipos de participantes que serão aceitos (por exemplo, os negociadores ou qualquer terceiro relevante), os estados da negociação (por exemplo, aceitando lances, negociação fechada e etc.), os eventos que podem causar alteração nos estados da negociação (por exemplo, não aceita mais licitantes, proposta aceita e etc.) e as ações válidas para os participantes em um estado em particular (por exemplo, qual mensagem pode ser enviada por quem, para quem ou em que fase). *O Objeto de Negociação* determina uma gama de questões sobre as quais um acordo deverá ser realizado. Um objeto pode ter uma única questão (por exemplo, o preço), no entanto, pode também referir-se a várias questões. Tais questões podem ser relacionadas a preço, qualidade, horários, multas, termos, condições entre outros. Existe também a questão sobre os tipos de operações que podem ser realizadas. No caso mais simples, a estrutura e o conteúdo do contrato são fixos e os participantes apenas aceitam-no ou rejeitam-no. No entanto, quando se considera um nível de maior complexidade, os participantes possuem a flexibilidade de alterar os valores das questões no objeto de negociação, ou seja, são capazes de realizar contra-propostas almejando que o acordo se encaixe melhor em seus objetivos. Nos casos de maior complexidade e robustez, os participantes têm permissão de alterar dinamicamente (adicionando ou removendo questões) a estrutura do objeto de negociação. Por exemplo, um vendedor pode oferecer algum item adicional, ou um cliente pode remover algo, facilitando o término da negociação.

O Modelo de Tomada de Decisões é o processo que auxilia na tomada de decisão por parte dos negociadores, trazendo facilidades para os participantes, auxiliando os mesmos a atingirem seus objetivos. São empregadas de forma que eles ajam em conformidade com o protocolo de negociação utilizado. As decisões podem sofrer influências de acordo com as regras do local, pela natureza do objeto de negociação e por uma gama de operações que podem ser realizadas em busca de maximizar o ganho. Trata-se da inteligência dos agentes negociadores.

Considerando esses aspectos, as negociações podem ocorrer de diversas maneiras, dependendo do esquema de negociação utilizado. Um ou mais padrões de negociação podem ser utilizados em uma mesma negociação. Os padrões de negociação mais comuns são os seguintes [5].

- *Barganha* – É utilizada em negociações bilaterais, ou seja, envolvendo apenas dois participantes. Nesse padrão os negociadores têm o objetivo de pechinchar um valor

a ser estabelecido (referente ao objeto da negociação).

- *Votação* – Tem como objetivo as negociações que buscam o consenso. Nesse padrão um negociador transmite a questão a ser negociada e um conjunto de opções a serem votadas.
- *Leilão* – É usado quando há concorrência entre os negociadores participantes. Nesse padrão o tema da negociação está em disputa entre vários negociadores, o negociador que está mais obstinado oferecerá o melhor valor por ele.

Além de existirem diferentes combinações possíveis de padrões de negociação, durante um processo de negociação, um grupo de negociadores pode formar uma coalizão a fim de obter alguma vantagem durante a negociação. Contratos eletrônicos podem ser bilaterais ou multilaterais, cada um desses possui características distintas. O que difere esses dois tipos de contratos é o número de signatários. Contratos bilaterais são assinados por dois parceiros, enquanto contratos multilaterais possuem vários signatários [1]. Vários trabalhos buscam dividir um contrato multilateral em múltiplos contratos bilaterais. No entanto, a semântica de uma relação multipartidária nem sempre é equivalente à múltiplas relações binárias [14]. É factível que exista coalizões em ambos tipos de contratos, com características particulares em cada caso. Por exemplo, grupos de fornecedores podem se unir para ofertar um recurso que individualmente nenhum é capaz de suprir, aumentando sua vantagem competitiva e sujeitando-se a um contrato multilateral abrangendo todas as partes envolvidas. A próxima seção apresenta trabalhos da literatura que abordam coalizões de agentes em negociação automática.

2.2 Coalizões em Negociação Automática de Contratos

De acordo com Peleteiro[6], uma *coalizão* se caracteriza pela união de dois ou mais indivíduos que compartilham um mesmo objetivo com o intuito de gerar benefício próprio. O compartilhamento de algum recurso ou informação torna o participante mais competitivo e aumenta o seu poder perante aos outros indivíduos que não fazem o uso de tal prática. Coalizões geralmente são formadas com um objetivo específico e possuem uma duração curta. Assim que esse objetivo é atingido elas se dissolvem, pois a coalizão deixa de ter uma utilidade.

Pode-se identificar dois tipos principais de coalizões: (a) coalizões com líder(es) e (b) coalizões planas (sem líder). A principal diferença entre estas duas é que a primeira possui um integrante que coordena e dita as regras da coalizão, enquanto a segunda necessita do consenso entre os membros para qualquer tomada de decisão. É importante porém ressaltar que ao se fazer o uso de líder(es) poderão surgir algumas desvantagens, tais como, 1) um líder da coalizão impõe sua vontade perante a coalizão; 2) a distribuição

dos lucros pode ser injusta, uma vez que: (i) os líderes podem ter algum lucro que decidam não distribuir e (ii) falta retorno aos indivíduos na fronteira da coalizão (indivíduos mais distantes em termos geográficos) [6].

O principal assunto abordado na literatura referente a coalizões em negociação automática compreende a formação das coalizões. A formação da coalizão pode ser *estática* ou *dinâmica*. Em uma formação estática, os negociadores não mudam de coalizão, já na formação dinâmica os negociadores estão constantemente tentando mudar a coalizão da qual fazem parte. Basicamente, existem duas maneiras de formar uma coalizão. A primeira é *offline*, isto é, as organizações ou indivíduos representados pelos agentes negociadores previamente concordam em estabelecer uma coalizão e os respectivos negociadores são configurados para agir de acordo. Neste caso, o foco está na negociação em si, seja entre os membros da coalizão ou entre todos os competidores em um certame. A segunda forma é a *online*, na qual os próprios agentes, por meio de um protocolo específico, buscam formar as coalizões.

Com relação à formação *online* de coalizões, os trabalhos de uma maneira geral propõem estratégias para que os negociadores busquem a formação que mais será vantajosa para a coalizão, considerando diferentes aspectos [15, 6, 16]. Por exemplo, o trabalho apresentado por Peleteiro[6] teve como objetivo identificar a melhor forma para construir uma coalizão em sistemas multiagentes buscando maximizar a cooperação entre eles. Para isto, avaliou o melhor momento para um agente cooperar com outros para que assim formassem uma coalizão e quanto tempo essas coalizões deveriam durar para que o negociador tirasse o melhor proveito destas. A proposta é fundamentada em um conceito proposto pelos autores denominado *estabilidade*, que apresenta dois tipos: a interna e a externa. Uma coalizão possui estabilidade interna se nenhum dos membros têm incentivo para sair da mesma. Já se nenhum dos membros de fora tem incentivo para participar da coalizão é considerada como estabilidade externa.

Na mesma linha, Ghazikhani, Mashadi e Monsefi[15] propõem um algoritmo para a formação de coalizão em sistemas multiagentes. A principal abordagem utilizada é a da Teoria dos Jogos Cooperativos. Nesse tipo de jogo, um ou mais grupos de jogadores podem impor comportamento cooperativo, sendo assim, o jogo é uma competição entre coalizões de jogadores e não entre os jogadores individuais.

Por sua vez, Yu, Kaihara e Fujii[16] propõem um protocolo de negociação com formação de coalizão, que visa reduzir a carga de trabalho e o tempo do agente fabricante (comprador), para que o agente fornecedor de material (vendedor) possa encontrar parceiros para estabelecer uma coalizão, isto é permitido quando o solicitado estiver fora sua capacidade de atendimento. A formação de coalizão neste protocolo de negociação é win-win, ou seja, o objetivo é que ambos os lados se beneficiem com a formação da coalizão. Ele pode reduzir a carga de trabalho, tempo e custo para o comprador, e pro-

porcionar mais oportunidades para os vendedores para obterem encomendas. Também pode aumentar a competitividade do mercado

A maior parte dos trabalhos consideram a formação de coalizão de fornecedores, entretanto coalizões de compradores, ou clientes, também é um problema a ser abordado. Por exemplo, o trabalho de Algarvio, Lopes e Santana[17] tem como objetivo realizar a negociação de contratos entre um fornecedor de energia e uma coalizão de clientes finais, ou seja, dois ou mais clientes se aliam formando uma coalizão. Ao fim da negociação é realizada a assinatura de um contrato bilateral entre o fornecedor de energia e a coalizão de clientes. Para esse modelo os membros da coalizão dependem de um coordenador de confiança, outra característica é o fato de que as coalizões se formam e se alteram durante o processo de negociação bilateral, sendo assim uma formação de coalizão *online*.

Embora a formação de coalizões seja um problema importante, percebe-se que há muitas questões ainda em aberto quando trata-se o conceito de coalizão de uma forma mais ampla em negociação automática. Por exemplo, quais os cenários possíveis em que coalizões podem ocorrer? Quais as características de cada cenário, quais as variações e que aspectos interferem no sucesso ou fracasso das coalizões? Que composições são possíveis e quais os riscos inerentes a cada composição? Como representar de uma forma genérica a existência de coalizões, considerando-se um conjunto limitado de variáveis que guiem o processo de negociação como um todo de forma a estimar os resultados da negociação? A proposta dessa dissertação é analisar coalizões de forma abrangente e levantar aspectos fundamentais que possam fomentar o desenvolvimento de trabalhos nesta linha. De acordo com nosso conhecimento, é o primeiro trabalho com este objetivo.

2.3 Ambientes de Negociação Automática e Coalizões

Existem diversos trabalhos na literatura sobre negociações automáticas de contratos em sistemas multiagentes. Grande parte desses trabalhos utilizam protocolos de negociação bilaterais tais como [18, 19, 20, 21, 22, 23]. Por exemplo, o trabalho de Brzostowski e Wachowicz[23] apresenta um sistema chamado NegoManage, que tem como objetivo o apoio a negociação bilateral durante as fases do processo de negociação, mais especificamente em negociações do tipo leilões. Neste trabalho também é proposta uma fase de otimização que ocorre após o término da negociação. Após o leilão, é realizada uma barganha entre o vencedor e o proponente do leilão, buscando a otimização do valor negociado. Por sua vez, Ren e Zhang[20] argumenta que a maior parte dos negociadores utilizam funções de utilidade monotônicas e contínuas, mas que poucos negociadores empregam funções de utilidade não-monotônicas ou discretas. Estes últimos tipos de funções, embora representem situações reais (muitas vezes triviais), causam uma maior dificuldade para a produção de contra-ofertas. Assim, os autores propuseram um modelo de barganha no qual propuseram um mecanismo de ofertas múltiplas para funções de utilidade

não-lineares, um mecanismo aproximativo para funções discretas e combinaram ambos mecanismos para generalizar o tratamento de funções de utilidade não lineares.

Existem outros trabalhos que aplicam uma abordagem multi-bilateral, processo em que muitos negociadores realizam várias negociações bilaterais [24, 7, 25, 26]. Mas ainda assim são limitados a negociações entre dois agentes. No entanto, existem alguns trabalhos na bibliografia que apresentam protocolos multilaterais, tal é o caso dos trabalhos de Wong e Fang[27], Hemaissia et al.[28], Fujita, Ito e Klein[29], Caillere et al.[30], Klenk et al.[31], Szapiro e Szufel[32] e Bacarin, Madeira e Medeiros[33]. Para que seja considerada de forma mais abrangente, a ocorrência de coalizões deve ser abordada considerando-se contratos multilaterais, uma vez que incluem contratos bilaterais e multi-bilaterais como casos particulares.

Um aspecto interessante que deve ser enfatizado é que a maior parte dos trabalhos encontrados na literatura relacionados a coalizões de agentes de negociação automática possuem uma abordagem para um ambiente muito específico, tais como os trabalhos de Argoneto e Renna[34], Algarvio, Lopes e Santana[17] e Zhang, Johari e Rajagopal[35], que lidam com problemas pontuais que não podem ser generalizados ou possuem um alto grau de dificuldade para que possam ser executados em outros ambientes. *Frameworks* de negociação automática têm o intuito de suportar o processo de desenvolvimento e execução de ambientes de negociação de forma genérica e extensível. Existem diversas possibilidades de aplicação para esse tipo de *framework*. Um exemplo é a aplicação de agentes para negociações multilaterais de contratos que simulam um ambiente real em que ocorrem interações entre dois ou mais indivíduos. O comércio eletrônico é um exemplo de ambiente no qual negociações de contratos ocorrem frequentemente, ou seja, existem agentes que se manifestam através da representação de compradores e vendedores.

Um exemplo de destaque é *framework* GENIUS (*General Environment for Negotiation with Intelligent multi-purpose Usage Simulation*) [22]. Esse é um *framework* genérico para simulação de negociação automática que foi desenvolvido para facilitar as pesquisas na área de negociação bilateral. O GENIUS é utilizado para simular negociações de dois tipos: bilaterais e multilaterais. Em contrapartida, a proposta de tal *framework* não está na criação de um negociador automático eficiente, mas na apresentação de um ambiente para facilitar a criação e avaliação das estratégias dos negociadores automatizados. Ele também oferece várias ferramentas para auxiliar o projeto de um negociador automático de maneira geral. Além disso, permite que os pesquisadores comparem seus agentes empiricamente e objetivamente em diferentes domínios e configurações, validando seus resultados. Outro exemplo é o *framework* SPICA (*Supply chain Integration, Coordination, contracting and Auditing framework*), que implementa parte das funcionalidades oferecidas pelo GENIUS, além de recursos para integração de agentes de *software* que representam participantes de cadeias produtivas, tais como produtores, distribuidores, transportadores e clientes. O

SPICA foi projetado com foco a suportar a negociação de contratos multilaterais, embora também suporte contratos bilaterais. Isto porque em cadeias produtivas frequentemente há várias partes envolvidas em um processo específico que requer a negociação de propriedades considerando interesses conflitantes entre as partes.

Uma observação importante com relação aos trabalhos envolvendo esses e outros *frameworks* de negociação automática é que o conceito de coalizão ainda não foi devidamente explorado. Por exemplo, em 2010 foi criada a ANAC (*Automated Negotiation Agent Competition*), que é uma competição de negociações automáticas de contratos. Esta competição utiliza como base o *framework* GENIUS e tem o intuito de avaliar a inteligência dos agentes competidores [36, 37]. Os problemas abordados incluem, por exemplo, a obtenção de um acordo entre a Grã-Bretanha e Zimbábue, que foi o primeiro tratado de saúde pública do mundo. O principal objetivo da convenção é “proteger” as gerações atuais e futuras das consequências devastadoras sociais, ambientais e econômicas causadas pelo consumo do tabaco. Neste domínio, estão em negociação quatro atributos diferentes, num total de 576 acordos possíveis. No segundo exemplo, uma negociação ocorre após uma entrevista de emprego bem sucedida entre um empregador e um candidato a emprego. Na negociação, tanto o empregador como o candidato a emprego desejam formalizar os termos e condições de contratação do candidato. Nota-se que os agentes competidores do torneio são projetados para trabalhar com negociações bilaterais. Analisando-se os trabalhos que abordam diretamente o conceito de coalizão, a situação é semelhante. Por exemplo, o trabalho de Fatima, Michalak e Wooldridge[38] se concentra na estrutura de formação da coalizão em um cenário geral que tem um número de características especialmente apropriadas para sistemas multi-agente. Em particular, é estudado formação de múltiplas coalizões que não se sobrepõem.

Neste contexto, uma segunda contribuição desta dissertação é oferecer um ambiente para negociação automática que possibilite abordar diferentes aspectos relacionados a coalizões de forma simplificada. Para isso, a proposta é disponibilizar funcionalidades e classes que agilizem a implementação, execução e avaliação de negociações envolvendo coalizões. O *framework SPICA* foi escolhido como base para implementação das propostas do trabalho e será apresentado no próximo capítulo.

3 O *FRAMEWORK* DE NEGOCIAÇÃO *SPICA*

Uma cadeia produtiva é uma rede de varejistas, distribuidores, transportadores, instalações para armazenamento e fornecedores que participam da venda, entrega e produção de um determinado item [39, 40]. É composta por elementos distribuídos, heterogêneos e autônomos, as relações entre os elementos são dinâmicas, e podem mudar no decorrer do processo da cadeia. As cadeias produtivas apresentam diversos desafios de pesquisa, tais como registrar e rastrear transações B2B e de comércio eletrônico, projetar protocolos de negociação apropriados, fornecer ambientes de trabalho cooperativo entre empresas ou coordenar processos de negócios [41].

As relações comerciais dentro de uma cadeia produtiva envolvem uma grande quantidade de transações comerciais que estão sujeitas aos mais variados compromissos legais, que podem estar de acordo com leis federais e internacionais ou contratos particulares entre parceiros comerciais. Portanto, o fluxo dentro de uma cadeia está sujeito a uma ampla gama de controles. Além de limitações econômicas e de cronograma de entrega, as cadeias produtivas são sensíveis à localização geográfica, à estação, ao clima e à perecibilidade do produto [42].

O *framework SPICA* visa integrar os diversos agentes de cadeias produtivas. A palavra *spica* significa “espiga” em Latim e é usada como acrônimo para *framework* para integração, coordenação, contratação e auditoria de cadeias produtivas (*Supply chain Integration, Coordination, Contracting and Auditing framework – SPICA*¹). Este *framework* pode ser usado em várias aplicações, tipicamente existentes em cadeias produtivas mas que podem ocorrer em diversas outras situações, como por exemplo, leilões ou votações [33], formações de alianças e organizações virtuais [43, 44], com o intuito de determinar o valor de um ou mais itens ou serviços.

Este capítulo apresenta a modelagem de cadeias produtivas dentro do *framework SPICA*, os conceitos inerentes a elas e como são abstraídos. Também é apresentado o funcionamento do processo de negociação, o que são e como funcionam os contratos. Na sequência é apresentado o protocolo de negociação oferecido pelo *framework SPICA* juntamente com suas principais mensagens. E por fim são apresentados os principais estilos de negociação abrangidos pelo *framework*.

3.1 Modelo e Arquitetura de Cadeia Produtiva do *SPICA*

O *framework SPICA* primeiro propõe um modelo para cadeias produtivas agropecuárias, do qual o *framework* é derivado. Os elementos básicos do modelo são os elementos

¹ O C é “dobrado” pois representa *Coordination* e *Contracting*.

de produção, armazenamento e transporte, produtos, regulamentos, sumários, contratos, planos de coordenação e atores, conforme ilustra a Figura 1.

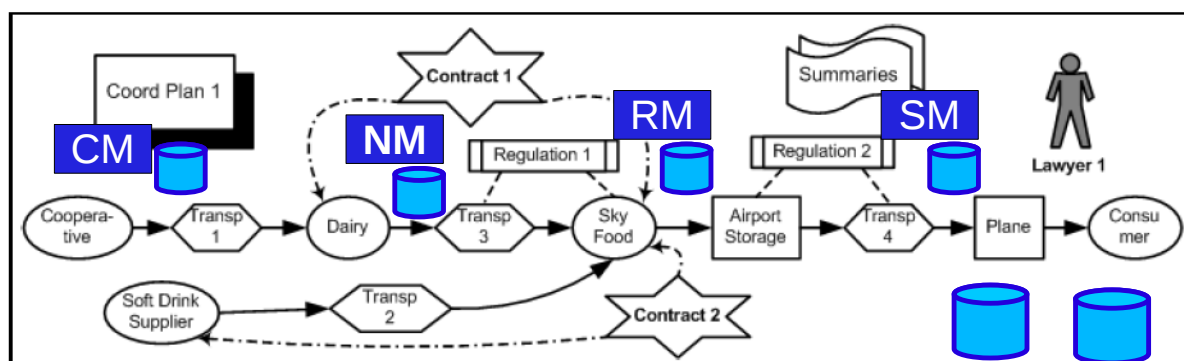


Figura 1 – Modelo para cadeias produtivas utilizado pelo *SPICA*.

Um *elemento de produção* encapsula um processo produtivo que utiliza matéria-prima extraída de seu próprio ambiente ou insumos obtidos a partir de outros componentes e transforma tais insumos em algum *produto* que é passado para a cadeia. Um *elemento de armazenamento* armazena produtos ou matérias-primas e um *elemento de transporte* é responsável pela locomoção dos produtos ou matérias-primas entre os elementos da cadeia. Os *regulamentos* são conjuntos de regras que regulam a evolução de um produto dentro da cadeia. Essas regras especificam restrições, tais como regulamentações governamentais, e critérios de qualidade que devem ser atendidos para que o produto ao qual se aplique possa seguir seu fluxo dentro da cadeia. Os *atores* são outros artefatos de software ou agentes humanos que atuam na cadeia. Podem estar direta ou indiretamente envolvidos na execução das atividades. Os *sumários* são elementos introduzidos para rastreabilidade e auditabilidade. Eles são semelhantes aos *logs* de banco de dados, gravando eventos da cadeia. Por fim, as atividades a serem desenvolvidas pelos componentes da cadeia são descritas por meio de *planos de coordenação*. Interações entre elementos da cadeia podem ser negociadas e firmadas em contratos.

Na cadeia produtiva os elementos de produção, armazenamento e transporte podem ser simples ou complexos. Sendo elementos complexos que podem ser decompostos em outros elementos, por exemplo, uma cooperativa que é composta por várias fazendas – cada fazenda sendo um elemento de produção –, um número de armazéns e transporte. Assim como os elementos, o regulamento pode ser atômico ou complexo, contendo outros regulamentos dentro deles.

A arquitetura básica do framework *SPICA* deriva deste modelo de cadeia produtiva. Basicamente, cada elemento do modelo é diretamente mapeado para um componente da arquitetura. Além disso, para cada elemento responsável pela dinâmica da cadeia, são acrescentados dois componentes na arquitetura: um gerente e um repositório. Assim, para os planos de coordenação existem os repositórios de planos de coordenação (responsáveis

por armazená-los) e gerentes de coordenação (*Coordination Managers* – CM), responsáveis por executá-los. Analogamente, para os contratos, repositórios para armazená-los e gerentes de negociação (i.e., os negociadores). Similarmente, para os regulamentos e para os sumários.

3.2 O Processo de Negociação

O processo de negociação é orientado por um modelo de contrato. Os negociadores trocam mensagens de acordo com o protocolo de negociação *SPICA*. Se houver um acordo, uma instância do contrato é produzida e assinada. Um modelo de contrato é composto por um conjunto de cláusulas e informações que auxiliam no processo de negociação ou na execução das cláusulas do contrato.

Uma cláusula, como ilustrado na Figura 2, possui uma ou mais propriedades. A *propriedade* é um atributo a ser negociado, contendo um nome, que é único no contrato. Uma mesma propriedade pode ocorrer em mais de uma cláusula no contrato. O processo de negociação tem como objetivo atribuir valores a estas propriedades. As obrigações (ou direitos) expressadas em uma cláusula podem vincular (ou beneficiar) vários parceiros. Esta última é uma característica essencial dos contratos *SPICA*. Tal característica permite que os contratos sejam multilaterais.

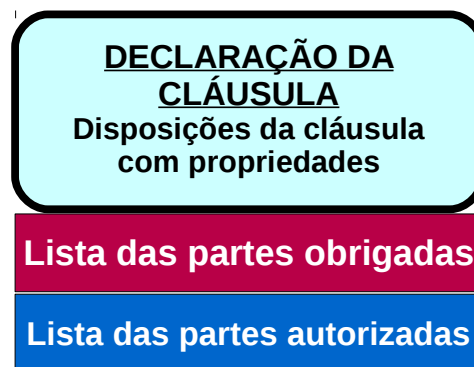


Figura 2 – Um esquema de cláusula.

Os agentes em um processo de negociação são os negociadores (i.e., instâncias do gerente de negociação) e, dependendo do tipo de negociação, o *Notary*, que é um terceiro de confiança que, por exemplo, recebe e conta votos em uma votação. Entre os negociadores existe um tipo especial de negociador, denominado líder, que é responsável por conduzir a negociação. Cada configuração de negociação tem pelo menos dois negociadores, um deles será sempre o líder. A princípio não existe um limite para a quantidade de negociadores. Diferentemente de outros modelos de contrato, o *SPICA* suporta vários estilos de negociação para um único contrato [5].

O processo de negociação tem início com a fase de configuração, em que é determinado o modelo de contrato que será utilizado para a negociação, criando de uma nova instância de negociação e registrado os negociadores que participarão do processo. A seguir, a negociação propriamente dita acontece e, por fim, se for bem sucedida, uma nova instância do contrato é assinada pelos negociadores.

Uma negociação de propriedades de um contrato pode envolver várias rodadas de negociação, em cada rodada pode ser utilizado um dos estilos de negociação possíveis (por exemplo, votação, leilão e etc). Cada rodada tem o objetivo de atribuir valores para as propriedades de uma cláusula em particular e também estabelecer quem são os parceiros obrigados e autorizados para a cláusula. Um parceiro *obrigado* deve executar alguma ação para produzir o resultado pretendido, já um parceiro *autorizado* tem o direito de receber o benefício de tal resultado [5], como visto na Figura 2.

3.3 Protocolo de Negociação

O *SPICA* oferece um protocolo próprio de negociação, em que as propriedades dos contratos são negociadas por meio de trocas de mensagens. As mensagens de negociação deste protocolo baseiam-se fortemente em dois tipos básicos de dados: pedido de proposta (*RFP* — *Request for proposals*) e oferta (*offers*). Com um conjunto reduzido de mensagens, o protocolo permite representar diversos estilos de negociação de contratos bilaterais ou multilaterais.

Uma *RFP* solicita ao destinatário da mensagem valores para uma ou mais propriedades, enquanto pode atribuir valores para outras. Se fôssemos expressar em Português, um exemplo de *RFP* poderia ser: “Dado que a QUANTIDADE de arroz que quero comprar é 10kg, por que PREÇO você vende cada kilograma?”. Note que nesta frase, QUANTIDADE e PREÇO são propriedades e que o valor para a primeira propriedade já está definida pela *RFP*. Uma oferta (*offer*) responde a uma *RFP*. A oferta deve repetir o valor das propriedades atribuídas pela *RFP* e atribuir valores para as outras propriedades.

Esses dois tipos de dados são usados para construção de diversas mensagens de negociação que possibilitam três estilos básicos de negociação: barganhas, votações e leilões. Estes estilos são realizados por meio de diversos padrões de negociação utilizando as mensagens do protocolo de negociação [5]. As principais mensagens do protocolo de negociação do *SPICA* são as seguintes.

- **Solicitação de proposta ($Rp(\textit{Request Proposal})$)**. Esta mensagem comunica uma *RFP* (*rfp*). A *RFP* que como dito anteriormente, pode ser utilizada para solicitar valores ou especificações de uma ou mais propriedades.
- **Solicitação de acordo ($Ra(\textit{Request Agreement})$)**. Comunica uma oferta.

- **Solicitação de passo de leilão ($Ras(\textit{Request Auction Step})$).** O líder pede ao *Notary* para realizar um passo do leilão. Estes passos do leilão podem ser descritos utilizando uma RFP ou uma *offer*.
- **Solicitação de votação ($Rb(\textit{Request Ballot})$).** O líder faz um solicitação ao *Notary* para conduzir uma votação.
- **Solicitação de voto de acordo ($Rva(\textit{Request Vote Agreement})$).** O *Notary* usa esta mensagem para solicitar um voto a um negociador, a resposta esperada é um “aceito” ou “não aceito”.
- **Solicitação de voto de preferência ($Rvp(\textit{Request Vote Preference})$).** O *Notary* utiliza este tipo de mensagem para solicitar voto de um negociador, a resposta esperada é um valor para uma ou mais propriedades.
- **Resposta para solicitação de proposta.** Uma mensagem *Rp* pode ser respondida por duas mensagens mutuamente exclusivas. A primeira — *RequestAgreement (Ra)* — envia uma oferta em resposta. A segunda — *Inform No Offer (Ino)* — recusa o convite.
- **Resposta para pedido de acordo.** Uma mensagem *Ra* pode ser respondida exclusivamente por três mensagens. A primeira — *Aa(agreement agrees)* — aceita a oferta proposta. A segunda — *Ad(agreement disagrees)* — recusa a oferta. Por fim, pode ser respondida por uma contra-oferta utilizando uma outra mensagem *Ra*.
- **Resposta para solicitação de passo de leilão.** Existem duas mensagens consecutivas para responder a uma mensagem *Ras*. Na primeira, o *Notary* envia uma mensagem *Aas* para o líder para informá-lo que o passo de leilão solicitado será executado. Em contrapartida a mensagem *Nas* rejeita a requisição. Ao final do passo do leilão, o *Notary* envia uma mensagem *Ica* para o líder contendo todas as propostas recebidas.
- **Resposta para solicitação de votação.** O *Notary* retorna duas mensagens consecutivas em resposta a uma mensagem *Rb*. Primeiro, a mensagem *Ab* informa ao líder que irá conduzir a requisição de votação, enquanto o *Nb* recusa a votação. Ao final da votação, o *Notary* retorna uma mensagem *Ibr* informando o resultado da votação.
- **Resposta para solicitação de voto de preferência.** Responde com uma mensagem *Av* a uma *Rvp* anterior. O eleitor envia para o *notary* seu voto, abstenção ou veto (caso aplicável).

- **Resposta para solicitação de voto de acordo.** A mesma mensagem *Av*, mas as alternativas são apenas: abstenção, ok (para aceite), nok (para não aceite) e veto (se aplicável).

Estas mensagens são utilizadas nos vários estilos de negociações existentes. Existem também algumas mensagens que são necessárias para a implementação do *framework*, denominadas *mensagens de controle*. Muitas destas mensagens enviam alguns parâmetros em comum, tais como: o nome do remetente (*from*) que é utilizado para endereçar a mensagem de resposta, a identificação da instância de negociação (*nid*) que indica a qual negociação a mensagem pertence e a descrição da negociação (*nd*). Dada a lista de mensagens e seus objetivos, na sequência são descritos os estilos de negociação mais comuns previstos pelo *framework*.

3.4 Principais Estilos de Negociação Suportados

3.4.1 Barganha

Uma caracterização para uma barganha é dada a seguir: Um líder inicia uma barganha realizando uma *Solicitação de proposta (Rp)* para outro negociador. O líder e o negociador trocam ofertas e contra-ofertas até a negociação chegar ao fim (quer por uma mensagem de aceitação ou de desacordo final). Este processo é ilustrado na Figura 3, no primeiro passo o líder envia uma mensagem de solicitação de proposta (*Rp*). Na sequência, pode ser respondido por dois tipos de mensagem: *Ra* envia uma oferta em resposta à RFP anterior; *Ino* recusa o convite. O Líder pode enviar uma *Ra* fazendo uma contra-oferta. Ao fim, o Líder pode enviar dois tipo de mensagens, sendo elas: *Aa* informando que concorda com a oferta proposta; *Ad* recusando a proposta.

3.4.2 Leilão

O leilão é controlado pelo líder e este é auxiliado por um *Notary* (o terceiro confiável). O leilão acontece em etapas de leilão. Em cada etapa de leilão, o líder solicita ao *Notary* que seja transmitido o assunto do leilão (objeto de negociação) aos licitantes e recebe as ofertas feitas por eles. É no assunto do leilão onde são definidas as restrições para os lances, por exemplo, um preço máximo. Os licitantes enviam propostas ao *Notary*. O *Notary* recolhe as propostas e as envia todas ao líder, terminando a etapa do leilão. O líder pode concordar com um ou mais lances dos que foram recebidos na última ou em quaisquer das etapas anteriores ou solicitar ao *Notary* que execute outra etapa de leilão. Neste último caso, o líder pode alterar as restrições para os lances esperadas (por exemplo, aumentar o preço máximo).

Na Figura 4 é apresentado o fluxo de mensagens para um leilão. (1) O líder pede ao *Notary* que anuncie o leilão (mensagem *Ras*). Os três primeiros parâmetros são a

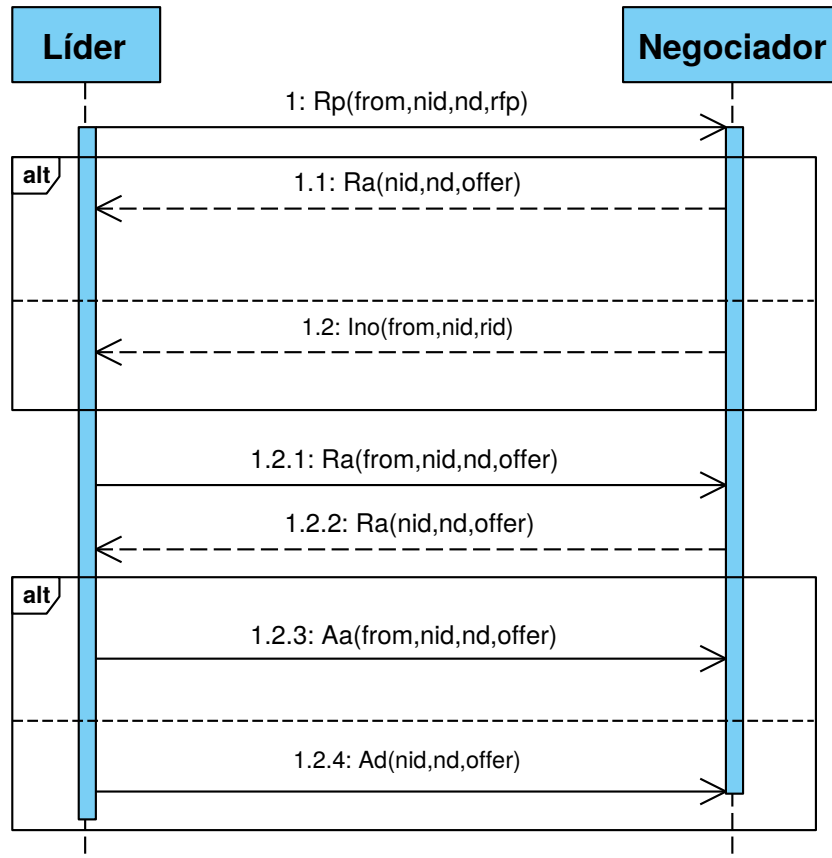


Figura 3 – Processo de negociação de uma barganha

identificação do proponente, na sequência a identificação da negociação e a descrição da negociação. Na descrição da negociação para um leilão são transmitidos alguns atributos extras: a lista dos negociadores que participam do leilão (n_1, n_2, \dots), o número máximo de lances esperados e o intervalo de tempo que o *Notary* deve esperar para receber os lances. Esses dois últimos parâmetros mostram que cada etapa do leilão tem um tempo de vida predefinido e pode receber muitos lances (normalmente, é apenas um). Os lances realizados após o período determinado são descartados. O quarto parâmetro é a RFP onde são descritas as propriedades que serão leiloadas. Tipicamente, tal RFP impõe uma restrição sobre as propriedades solicitadas (por exemplo, um preço máximo aceitável). (2) O *Notary* responde ao líder que irá controlar o leilão (mensagem *Aas*) e também informa o identificador para esta etapa de leilão e a identificação para a RFP. (3) O *Notary* envia a descrição da negociação e a RFP para todos os negociadores. A transmissão é representada por uma seta dupla é feita através de uma mensagem de *Rp*. (4) Cada negociador responde esta mensagem, podendo responder das seguintes formas: (a) enviando uma oferta ao *Notary* (mensagem *Ra*) Ou (b) informando ao *Notary* que não está interessado na atual etapa do leilão (mensagem *Ino*). (5) O *Notary* recolhe as ofertas e as envia para o líder por meio de uma mensagem *Ica*. O último parâmetro desta mensagem é uma lista com as ofertas recebidas. (6) O líder então escolhe as melhores ofertas de acordo com seus próprios critérios, então ele pode encerrar o leilão ou iniciar outro

passo de leilão desta vez com uma RFP mais restritiva (por exemplo, um preço máximo aceitável menor). Este ciclo se repete e (7) caso nenhum negociador realize uma oferta (o líder recebe uma lista vazia de ofertas). (8) O líder aceita então as melhores ofertas da rodada anterior e (9) pode discordar de todas as ofertas derrotadas.

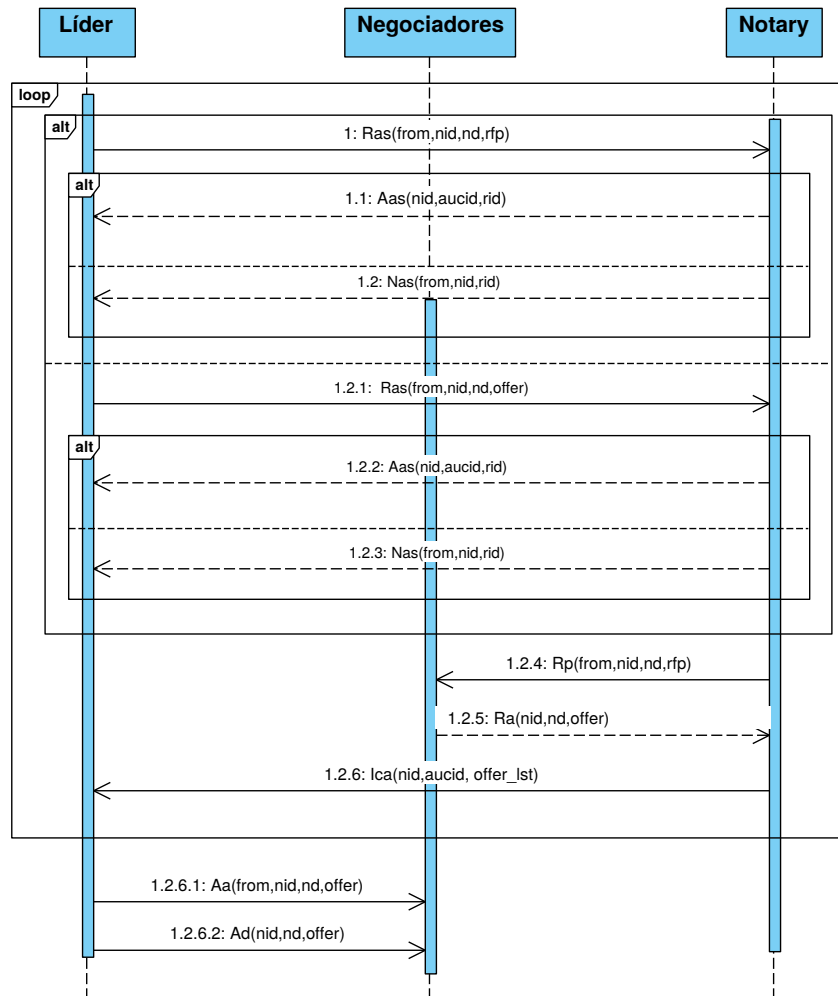


Figura 4 – Processo de negociação de um leilão

3.4.3 Votação

Esse padrão, mostrado na Figura 5. Uma votação pode incluir várias propriedades. A maioria dos valores das propriedades é atribuída com antecedência. Existe uma propriedade que não atribuída e uma lista predefinida de valores possíveis para esta propriedade. O objetivo da votação é atribuir o valor esta propriedade. Existe um líder que é auxiliado pelo *Notary* e vários negociadores. (1) O líder pede ao *Notary* para conduzir o processo de votação (*Rb*). Esta mensagem transmite alguns parâmetros, dentre eles: a identificação da instância de negociação (*nid*), a descrição da negociação (tupla *d*) e a descrição da cédula (tupla *b*). A descrição da negociação informa que esta negociação diz respeito a uma votação. Além dos atributos comuns, também transmite a lista de eleitores (*n1, ...*). O líder nem sempre é um eleitor: se assim for, ele estará incluso nesta lista. A descrição

da negociação inclui outros parâmetros que especificam a dinâmica da votação, tais como: quanto tempo para esperar votos, o número de votos necessários para aprovar isso porque a votação pode ser: por maioria ou por consenso.

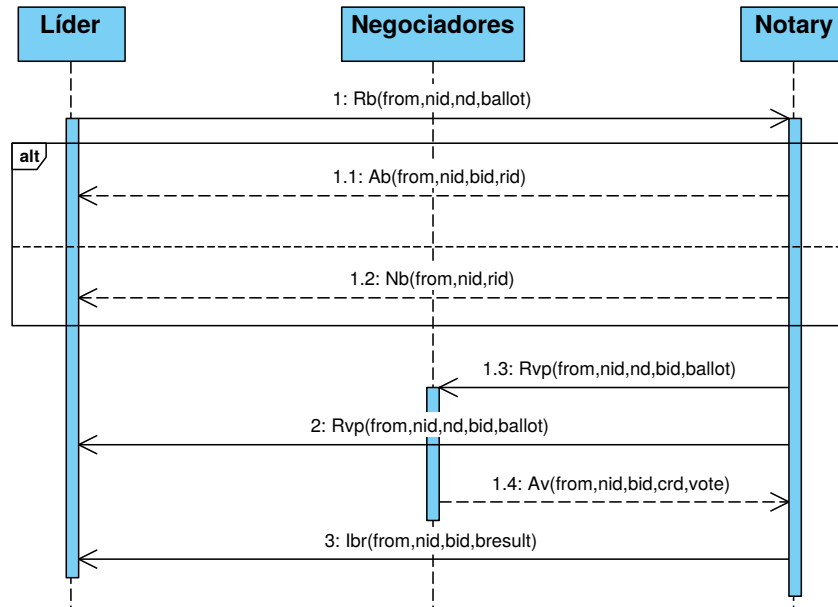


Figura 5 – Processo de negociação de uma votação

A descrição da votação compreende uma RFP e o conjunto de alternativas (a_1, \dots, a_z). Esta RFP tem exatamente uma propriedade a ser preenchida. Assim, votar significa escolher uma entre as alternativas possíveis. (2) Após receber do líder a informação de que irá conduzir a votação ele pode: (a) concorda com o fato de que conduzir a votação (mensagem Ab) e informa o identificador da votação ou (b) o *Notary* recusa esta tarefa (mensagem Nb) e não há mais interações. (3) Caso o *Notary* concorde, a votação é transmitida a todos os negociadores (mensagem Rvp). Se o líder é um eleitor, ele também recebe este pedido de votação, nem sempre é o caso. (4) Cada eleitor envia seu voto ao *Notary* (mensagem Av) podendo ser estes: (a) Um voto onde uma alternativa é escolhida; Ou (b) pode ser uma abstenção, ou (c) um veto (se aplicável). Observe que os parâmetros nid e bid correlacionam o voto à instância de negociação e à votação. No voto também transmite a credencial do eleitor. (5) O *Notary* conta os votos e avalia o resultado. O resultado pode ser aprovado, não aprovado ou vetado. Este então é enviado por meio de uma mensagem de Ibr . Então a votação é dada como finalizada.

O *framework SPICA* é utilizado neste trabalho para a implementação dos conceitos apresentados. Foi escolhido por abranger todo o processo da cadeia produtiva, desde a ordenação, a negociação as regulações e etc. Todos os processos envolvidos. Os diferentes estilos de negociação podem ser utilizados quando os negociadores atuam isoladamente, como ocorre na maioria dos trabalhos da literatura, ou quando atuam de forma cooperativa formando coalizões. O próximo capítulo introduz a abordagem proposta neste trabalho para o tratamento de coalizões em negociação automática.

4 PROPOSTA DE MODELO COMPORTAMENTAL EM NEGOCIAÇÃO AUTOMÁTICA DE CONTRATOS BASEADA EM RISCOS

No trabalho aqui proposto a formação de coalizão acontece em um ambiente de negociação multilateral. A decisão de como lidar com as informações obtidas durante o processo de consulta para a coalizão – processo referente a troca de informação entre os membros – pode ser tomada individualmente pelo negociador, dependendo do modelo de coalizão utilizado por eles. O trabalho segue a abordagem *offline* e tem como foco demonstrar o benefício que a coalizão pode trazer aos indivíduos que dela fazem parte e avaliar os modelos de coalizão que são disponibilizados pelo *framework SPICA*. A escolha pela abordagem *offline* é motivada pelo fato de muitas das interações de uma cadeia dependerem de uma relação de proximidade geográfica, e, portanto, as coalizões são definidas antes pelas realidades “físicas” dos integrantes da cadeia do que pelas realidades “lógicas” dos agentes que os representam. Estas afirmações serão avaliadas através de testes que avaliarão quais os impactos, vantagens e desvantagens que a presença das coalizões no ambiente de negociação podem trazer.

Neste capítulo é apresentada uma maneira simples e eficaz de modelar computacionalmente o comportamento de coalizões em cadeia produtivas. Esta modelagem tem como foco cadeias produtivas agropecuárias, porém, pode ser estendida a outras cadeias produtivas com características similares. Este modelo leva em consideração dois tipos de coalizões, a saber, as denominadas coalizões *binding* e *non-binding*. Também são reproduzidos os riscos mais recorrentes e que têm maior impacto no comportamento dos membros da coalizão.

4.1 Levantamento de Características das Coalizões

Nesta seção são levantadas algumas características inerentes à *formação* e à *estrutura* das coalizões. A primeira característica considerada quanto à formação da coalizão é sua *forma de estabelecimento*, ou seja, se a mesma é *binding* ou *non-binding*. A coalizão *binding* considera que as coalizões são formadas utilizando contratos subsidiários para firmar o compromisso, sob pena da aplicação de sanções previstas em contrato. Portanto, este tipo de coalizão quando estabelecida, é rígida e faz com que seus membros cumpram rigorosamente com o acordado. Em contrapartida, a coalizão *non-binding* é formada informalmente com base apenas na confiança dos agentes negociadores. Então, não existe nada que obrigue o cumprimento do acordado, assim, um negociador pode simplesmente ignorar o que foi combinado pela coalizão no momento em que julgar vantajoso, depen-

dendo do seu estilo e comportamento. A maneira como os negociadores interagem para que possam formar essas coalizões será descrita no capítulo seguinte.

Quando se considera o *objeto* da coalizão existem outras características que devem ser consideradas. Uma dessas características ocorre tanto nas coalizões *binding* quanto nas *non-binding* e é relativa à questão sobre a qual a consulta ou negociação do contrato subsidiário é realizada. Esta propriedade pode estar contida ou não no contrato da negociação principal. Se a propriedade sobre a qual o processo de construção da coalizão estiver contida no contrato principal, ela é denominada como propriedade *direta*, ou seja, consta na negociação/consulta para construção da coalizão e consta no contrato principal. Por exemplo, uma consulta realizada sobre o valor final do produto a ser vendido em um leilão. Na qual os negociadores trocam informação sobre o valor que pretendem vender um determinado produto. Por outro lado, quando se considera o processo de construção da coalizão sendo realizado sobre uma propriedade que não consta no contrato principal, esta é denominada como propriedade *indireta*. Por exemplo, uma consulta realizada sobre o valor de um recurso compartilhado que é utilizado na produção de um determinado produto pelos membros da coalizão, entretanto, este recurso não faz parte do contrato da negociação principal. No qual consta apenas o valor final do produto como propriedade negociada. Assim, a coalizão é formada através de uma propriedade que interfere no valor final do produto a ser negociado, mas não consta na negociação principal.

Considerando as coalizões *binding*, para que estas sejam formadas, existe a possibilidade que o acordo seja firmado de duas maneiras distintas. A primeira utiliza um contrato subsidiário multilateral no qual os membros da coalizão são signatários de um único contrato. Assim, a coalizão é estabelecida em um único contrato e todos os membros devem cooperar para a realização do acordado. A segunda utiliza de vários contratos bilaterais, havendo a necessidade de que algum dos negociadores coordene quais serão os contratos necessários para a construção da coalizão. No entanto, como supracitado, vale ressaltar que existem casos em que não é possível estabelecer a mesma semântica de um contrato multilateral por meio de vários bilaterais. As coalizões podem ser formadas utilizando a combinação desses conceitos das mais variadas formas, dependendo do ambiente e das necessidades dos negociadores. Sabendo-se então dessas características que envolvem as coalizões, é possível se levantar alguns cenários em que a formação de coalizão se torna interessante.

4.2 Levantamento de Cenários para Coalizões

Existem vários fatores que motivam a formação de coalizões, especialmente, aspectos comerciais como custo, capacidade de produção e armazenamento, mercado e uniformização de critérios. Esta seção apresenta tais motivações por meio de cenários.

O *modelo mínimo*, apresentado na Fig. 6, é usado para sistematizar a descrição destes diversos cenários. Ele contém os elementos mínimos necessários para descrever um cenário de negociação sem qualquer tipo de coalizão. Neste modelo mínimo, existem duas organizações que negociam um modelo de contrato *SPICA C*. *O1* utiliza um recurso *R* (uma ferramenta, matéria-prima, mão de obra, etc.) para produzir o item descrito pela propriedade *P*. Neste contexto, *O1* é a parte *obrigada*, ou seja, tem a responsabilidade de “fornecer” a propriedade *P*. Por sua vez, *O2* é a parte que tem o direito de “receber” a propriedade *P*, é a parte *autorizada*.

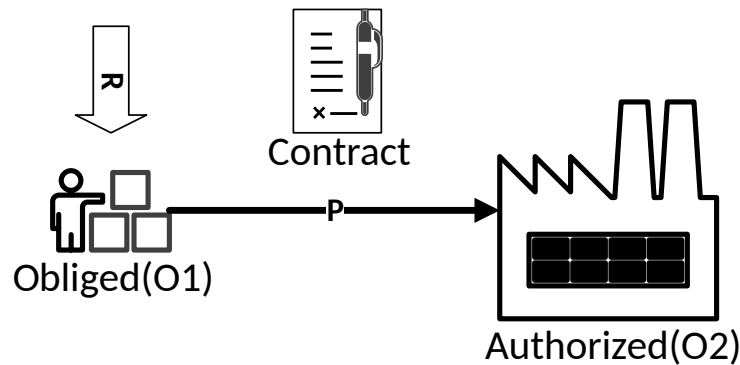


Figura 6 – Modelo mínimo

Lembrando que no modelo de cadeias produtivas utilizado neste trabalho, os seus componentes são os elementos de produção, transporte e armazenamento. Esses elementos foram generalizados em fases gerais, a saber, entrada, processamento e saída, cada uma dessas fases pode representar uma ampla gama com diversos atores em uma mesma cadeia produtiva. Assim, os atores podem ser conectados adequadamente para modelar diferentes cenários que se assemelham a situações do mundo real.

As seções 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 apresentam os principais cenários que motivam a formação de coalizões. São eles: compartilhamento de recursos, definição de cotas e atribuição de valores às propriedades do contrato. Tais cenários podem ser combinados com duas outras características, derivando novos cenários, a saber: o uso de negociador *proxy* e se a coalizão é binding ou non-binding.

Negociador *proxy*. Esse negociador é o representante da coalizão perante ao ambiente externo, atuando em nome dos negociadores membros. O negociador *proxy* pode ser um membro da coalizão ou ser um membro externo. Desta forma, duas possibilidades devem ser consideradas: (a) se o negociador *proxy* é um membro da coalizão; e (b) se o negociador *proxy* é signatário. Isso leva a três casos possíveis: no primeiro caso apresentado na Figura 7a, o *proxy* é um membro e assina o contrato em nome da coalizão, então o mesmo assume as consequências pela falha individual e da coalizão; no segundo caso (Figura 7b), o negociador *proxy* não é um membro, no entanto, ele assina o contrato em nome da coalizão e será o responsável por qualquer falha que aconteça no meio do processo da cadeia; finalmente (Figura 7c), após a negociação, o *proxy* sai de cena e os

negociadores por ele representados assumem e assinam o contrato individualmente, assim o *proxy* não se responsabilizará por nada que aconteça durante o processo de execução do contrato.

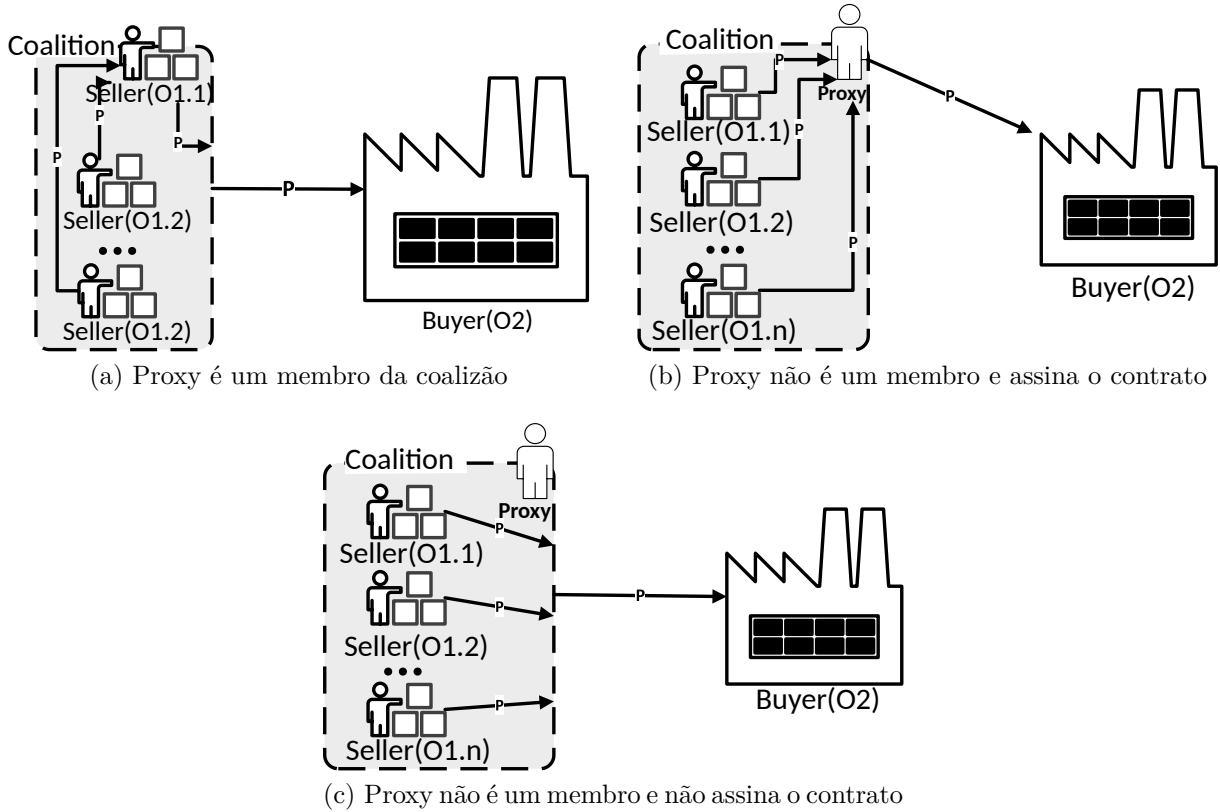


Figura 7 – Cenários para coalizões em negociação automática

Coalizão (non-)binding. Todos os cenários podem ser *binding* ou *non-binding*. No primeiro caso, os membros da coalizão, ao fim da consulta, assinam um contrato subsidiário contendo o termos combinados pela coalizão. No último, não existe tal contrato, a única garantia entre os membros da coalizão é a confiança mútua e a expectativa da fidelidade individual dos negociadores ao combinado durante a fase de consulta.

4.2.1 Compartilhamento de Recurso

Neste cenário os membros da coalizão têm algum tipo de recurso que podem compartilhar, podendo ser este recurso um meio de transporte, uma ferramenta, um equipamento ou etc. Neste compartilhamento, eles podem obter benefício mútuo (por exemplo, redução de custos), também almejam algum tipo de vantagem dentro da negociação (por exemplo, se tornarem mais competitivos).

Com relação ao compartilhamento de recurso, podemos dividi-lo em dois cenários. No primeiro, apresentado na Figura 8a, existem algumas organizações $O1.^*$ que podem fornecer uma determinada propriedade P para uma organização $O2$. Elas podem compartilhar um recurso R , podendo este ser algum insumo, serviço ou etc. A organização $O2$

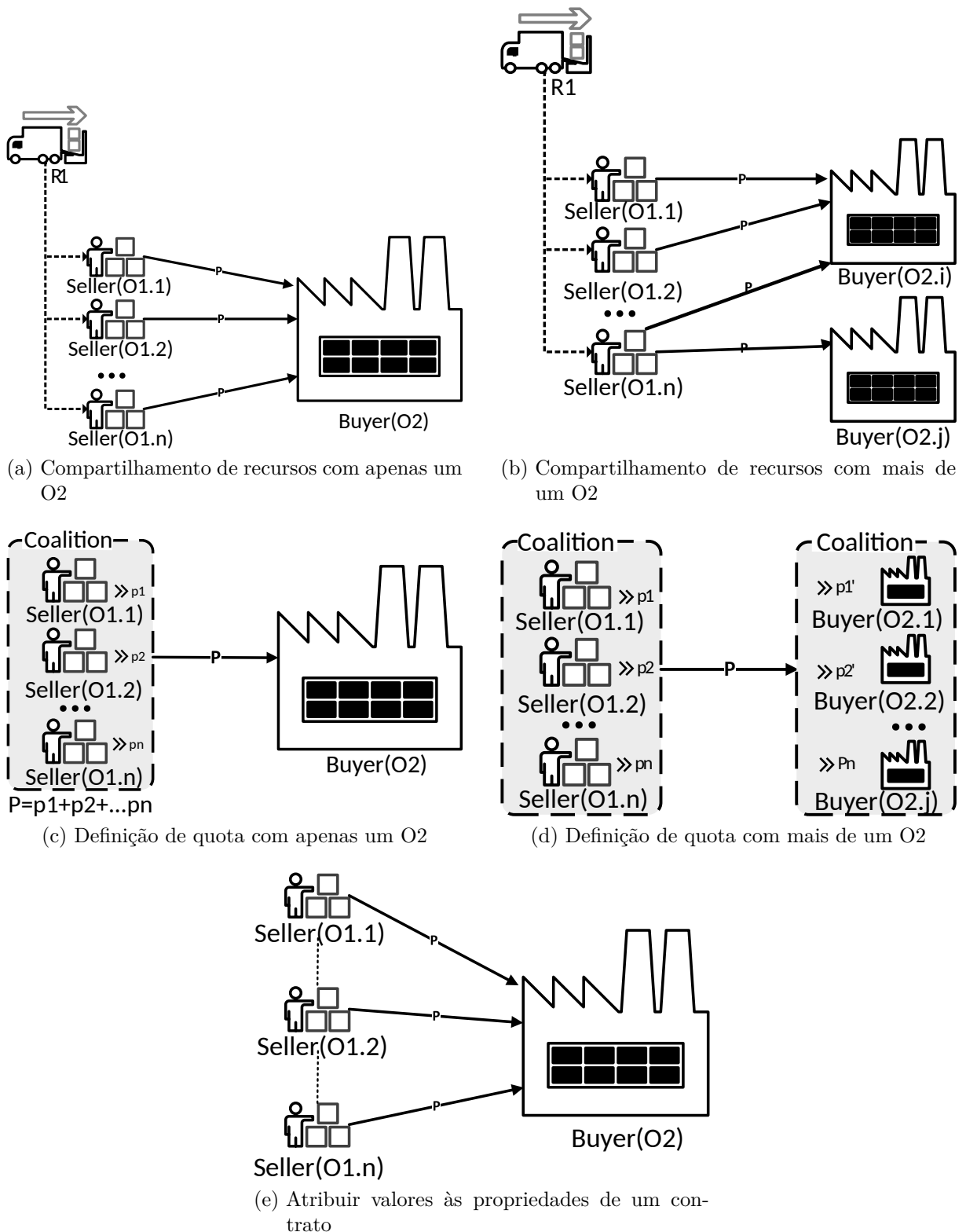


Figura 8 – Cenários de acordo com a intenção da coalizão

tem ciência de que P será provida por várias organizações. Por outro lado, no segundo cenário, que é uma variante do primeiro, a parte autorizada é composta por algumas organizações (Figura 8b). Embora ambos os cenários pareçam ser muito semelhantes, o

benefício almejado é obtido de forma diferente. No primeiro, os membros da coalizão pretendem obter benefício mútuo na execução de um contrato específico, ou seja, a coalizão é formada para uma negociação em específico. No segundo, como a parte autorizada é composta por várias organizações, o compartilhamento do recurso tenderá a ocorrer de forma mais intensa e a vigência do contrato tenderá a ser maior. Assim, os benefícios estão projetados a longo prazo, para um ganho futuro.

Com relação às três etapas básicas de um elemento em uma cadeia produtiva, a partilha de recursos pode ocorrer em qualquer uma delas. Por exemplo:

- Na entrada, os membros da coalizão utilizam de uma mesma matéria-prima e, ao comprarem uma quantidade maior, podem conseguir algum tipo de desconto por ela;
- No processamento, os membros da coalizão podem compartilhar um equipamento que ficaria subutilizado de outra forma;
- Na saída, eles podem compartilhar um meio de transporte ou armazenamento para sua produção.

4.2.2 Definição de Quota

Este cenário compreende questões sobre capacidade dos negociadores. Por exemplo, um comprador que exija uma certa quantidade de um produto. Alguns negociadores não têm a capacidade de fornecer tal montante e, portanto, não poderiam participar da negociação. No entanto, juntos eles poderiam fornecer a quantidade total, cada um fornecendo uma parte (*quota*) do produto em questão.

A Figura 8c mostra algumas partes obrigadas se associando para fornecer uma quantidade total de uma propriedade P , fornecendo cada uma uma quantidade parcial p_i , que somadas totalizam a quantidade de P . A organização $O2$ não precisa saber que está recebendo de vários fornecedores. Além disso, a Figura 8d é uma variante do cenário anterior. A parte do autorizado é, de fato, um conjunto de organizações ($O2.*$) e formam uma coalizão de compradores. Gerando assim duas novas possibilidades:

- Cada autorizada $O2.*$ define uma quota p_i que irá pedir e, por conseguinte, P será o total dessas quotas;
- O valor de P é previamente definido. A quota p_i para cada membro é definida posteriormente.

4.2.3 Atribuir Valores a Propriedades do Contrato

Devido a uma necessidade específica, os negociadores podem estar interessados em determinados valores para algumas propriedades específicas no contrato. Por exemplo, com relação a critérios de qualidade, uma norma específica define alguns níveis de conformidade. Porém, os membros de uma coalizão podem estar interessados em um nível específico. A Figura 8e retrata alguns negociadores (membros da coalizão) que propõem o mesmo valor para uma propriedade P .

4.3 Padrões Envolvendo Coalizões em Negociação Automática de Contratos

Fazendo o uso dos cenários para coalizões juntamente com os conceitos anteriormente abordados, surgem algumas possibilidades de criação de padrões operacionais para coalizões. Esses padrões descrevem as possibilidades de modelos de coalizões dentro de cada um dos diversos cenários.

A descrição desses padrões está organizada da seguinte maneira. Primeiramente será explicado qual é o objetivo e a motivação do padrão. Então é feita a descrição do problema qual o padrão aborda. Por conseguinte, são descritas as características e as resoluções propostas para cada um dos padrões.

4.3.1 Compartilhamento de Recurso

Nesta modalidade os membros da coalizão tem como característica comum algum recurso que eles podem compartilhar. Sendo assim, de alguma forma eles podem utilizar deste custo compartilhado para diminuir suas despesas.

Motivação e objetivo: O objetivo deste tipo de coalizão é a redução dos custos através do compartilhamento de algum recurso que tenha relevância no custo final do produto ou serviço a ser negociado. Através desta redução, os membros da coalizão se tornam mais competitivos e com isto, buscam obter um lucro maior com sua competitividade aumentada.

Definição do problema: Um determinado negociador IN deseja comprar uma quantidade de um produto. O mesmo faz essa aquisição de leilões, onde os negociadores N_i que possuem o menor valor de venda serão os provedores. N_i podem estar mais distantes ou mais próximos de IN . Em alguns casos pode ser interessante que alguns N_i compartilhem algum recurso, para diminuição do seu custo, os tornando assim mais competitivos. Este recurso pode ser referente, por exemplo, a alguma ferramenta utilizada na produção, o compartilhamento do transporte devido a algum favorecimento geográfico e etc.

Ao realizar este compartilhamento, o intuito é a diminuição do custo. Seja através do compartilhamento de um equipamento, que ficaria subutilizado, ou pela divisão de um transporte de um determinado produto. Portanto, não existe a necessidade de que IN esteja consciente dessa característica de N_i .

4.3.1.1 Compartilhamento de recurso *binding* multilateral

Característica: A principal característica desse padrão é a formação de coalizões *binding*. São formadas utilizando padrões de negociação que ao fim firmam um contrato multilateral. Os padrões de negociação utilizados aqui são os de leilão ou votação. A negociação que forma a coalizão é feita de maneira indireta, ou seja, por uma propriedade fora da negociação principal. A propriedade é algum recurso, este impacta de alguma forma a competitividade dos negociadores. Este tipo de coalizão dispensa a fase de pós-negociação, isto porque o contrato subsidiário já é assinado na construção da coalizão.

Resolução: Para a resolução deste padrão, é proposto o seguinte fluxo: (1) inicialmente é executada a negociação sobre o objeto de construção da coalizão. Esta negociação pode ser buscando o acordo sobre o valor a ser pago por cada negociador durante o compartilhamento do recurso. Os membros da coalizão podem pagar valores distintos, isto ocorre pois nem sempre a utilização do recurso é uniforme. (2) Após isto os negociadores vão para o processo de negociação principal, neste processo eles podem agir da maneira como acharem mais conveniente. No entanto, eles possuem um contrato para o compartilhamento do recurso. Eles não acordam valores de lances a serem realizados neste contrato, mas pode ser que eles ajam de maneira mais homogênea para que consigam ganhar juntos a negociação.

4.3.1.2 Compartilhamento de recurso *non-binding* multilateral

Característica: Este padrão é caracterizado pelo uso de coalizões *non-binding*. Estas são formadas utilizando os processos de consulta e possuem o objetivo de preparar uma aliança que busca a redução do custo, e por consequência um aumento da competitividade e do lucro. Essa consulta é feita de maneira indireta, isso porque a propriedade consultada, não necessariamente, faz parte do contrato principal. No entanto, esta propriedade tem um impacto sobre o valor final do produto ou serviço a ser negociado na negociação principal. Outro ponto é que essa coalizão é formada de maneira multilateral, ou seja, o contrato subsidiário que será assinado no processo de pós-negociação é um contrato multilateral envolvendo todos os vencedores do certame. Como mencionado, por se tratar de uma coalizão *non-binding* existe a necessidade de que um contrato subsidiário seja estabelecido em uma fase de pós-negociação.

Resolução: Para aplicação desse padrão, alguns passos devem ser executados: (1) inicialmente deve-se ser executada uma consulta, nesta consulta será determinado o

valor do recurso que será compartilhado. É nesta fase que os negociadores, de acordo com suas variáveis comportamentais, ajustarão sua tabela de decisão, valores esperados e afins. (2) O negociadores vão para a negociação principal, com a informação do recurso que será compartilhado, podendo optar ou não por baixar seu valor de venda, para então ser mais competitivo. (3) Como o recurso partilhado não foi oficializado, existe a necessidade de uma pós-negociação, onde será assinado um contrato subsidiário para o recurso a ser compartilhado. Neste caso, apenas os membros da coalizão vencedores do certame se comprometerão a arcar com a partilha do recurso. Esta pós negociação pode ser feita utilizando um padrão de leilão ou de votação. Dependendo das intenções da coalizão e do que melhor se encaixar para a situação.

4.3.1.3 Compartilhamento de recurso *binding* bilateral

Característica: Este padrão tem como característica o uso de coalizões *binding*. Ou seja, existe uma negociação para um contrato subsidiário que obriga as partes a cumprirem com o que for acordado. É realizada uma negociação sobre uma propriedade indireta, pois esta não constará no contrato da negociação principal. Neste padrão são utilizados contratos bilaterais. Então, é necessário que algum dos negociadores seja responsável por coordenar e negociar esses contratos individualmente entre os negociadores. Este padrão dispensa a necessidade de um momento de pós-negociação, pois o contrato subsidiário já é firmado no momento da construção da coalizão.

Resolução: A resolução deste padrão é dada em alguns passos: (1) é realizada uma negociação para se fixar os valores do recurso compartilhado para cada N_i membro da coalizão. Esta negociação pode ser feita de duas formas: (a) um leilão, onde um dos negociadores deverá ser o líder, será o responsável pela proposta dos valores a serem leiloados; (b) uma votação, na votação um dos negociadores será o líder que irá definir os valores a serem votados. Ao término dessa negociação que realiza a construção da coalizão, é realizada a assinatura do contrato subsidiário e pode-se passar para a fase seguinte. (2) Agora com a coalizão formada, vai-se para a negociação do contrato principal. É nesta etapa que os negociadores participantes da coalizão utilizarão de sua aliança para aumentar sua competitividade. Isto é feito através da diminuição de seus valores esperados.

4.3.2 Definição de Quotas

Nesta modalidade os membros da aliança têm como característica a busca pelo aumento da capacidade de atendimento. Este aumento de capacidade pode os tornar mais competitivos perante a outros negociadores com capacidades maiores.

Motivação e objetivo: O objetivo deste tipo de coalizão é o aumento da capacidade de atendimento e um conseqüente aumento do lucro. Existem situações em que um fornecedor não é capaz de atender individualmente um possível cliente, porém, vá-

rios juntos podem ser capazes de suprir a necessidade do cliente. Assim proporciona que estes negociadores, juntos, forneçam um produto que individualmente eles nem sequer tentariam ou poderiam estar fornecendo.

Descrição do problema: Nestes padrões existe um negociador (IN) que demanda uma grande quantidade (Q) de um determinado produto. IN sabe que seus possíveis provedores não são capazes de fornecer individualmente a quantidade Q . Porém, a necessidade de IN só será suprida se puder adquirir a quantidade total, caso contrário, ele prefere desistir da compra. Por exemplo, suponha que IN queira comprar combustível para realizar um determinado voo. Caso não consiga comprar a quantidade necessária, o voo é cancelado e a compra não é feita.

Por isso, IN propõe a negociação de uma cláusula em que a parte autorizada é ele próprio. Tal cláusula é submetida a um leilão que visa estabelecer o valor do produto desejado, os fornecedores (ou seja, a parte obrigada) e quantidade a ser provida por cada fornecedor.

Do outro lado, existem vários negociadores que são possíveis fornecedores. Entre eles, alguns (N_i) formam uma coalizão visando aumentar a chance individual de serem signatários da referida cláusula. Idealmente, a soma da quantidade q_i provida por cada membro da coalizão é Q , ou seja, todos os signatários são membros da coalizão. Mas, alguns dos vencedores do leilão podem não ser membros da coalizão. Diferente do padrão de negociação envolvendo o compartilhamento de recurso. Na definição de quotas não é possível que a mesma seja feita utilizando contratos bilaterais. Visto que não seria possível realizar o controle do fornecimento dessas quotas, de uma maneira a se garantir via contrato o cumprimento do acordado.

4.3.2.1 Definição de quotas *non-binding* multilateral

Características: Este padrão tem como característica o uso de coalizão *non-binding*, portanto, não é firmado um contrato subsidiário sobre a parcela da quota de cada negociador. Este acordo é feito informalmente via processo de consulta. É feita uma consulta direta sobre esta propriedade, pois sendo uma parcela da quantidade total a ser fornecida, esta quantidade faz parte do contrato principal. Outra característica inerente a este padrão é a de que o contrato é multilateral, isto porque, vários signatários irão fornecer determinadas quantidades de um produto e o contrato será assinado pelos fornecedores individualmente.

Resolução: para resolver este problema, este padrão propõe alguns passos, sendo estes: (1) inicialmente, para se determinar se a coalizão é capaz de atender à solicitação, é realizada uma consulta de intenções, esta pode ser feita utilizando o sumário de intenções ou a explosão de intenções, ambas foram apresentadas na seção 5.3.1 e atendem o propósito. Nesta consulta será solicitada a capacidade máxima de atendimento dos negociadores

e se a soma das capacidades for suficiente para atender o solicitado pode-se passar para o próximo passo. (2) Ao fim da consulta, sabendo da capacidade total de atendimento da coalizão, são realizadas algumas votações para combinar limites para o valor de q_i dos negociadores, a fim de maximizar a quantidade de membros vencedores do leilão. (3) é iniciado o referido leilão, os negociadores agem de acordo com seus objetivos.

4.3.2.2 Definição de quotas *binding* multilateral

Características: Este padrão tem como característica o uso de coalizão *binding*, portanto, é firmado um contrato subsidiário com relação à quota que cada negociador deverá fornecer. Este acordo é feito de maneira formal, através de algum processo de negociação multilateral. Isto porque, existem vários signatários, o que é a principal característica de um contrato multilateral. É realizada uma negociação direta sobre esta propriedade, sendo uma quantidade de produto, esta estará presente no contrato principal. Portanto, para a construção da coalizão é utilizado algum padrão de negociação já conhecido, estes foram apresentados na seção 3.

Resolução: Para que seja possível a resolução deste problema, este padrão propõe os seguintes passos: (1) No primeiro onde é realizada a negociação para a construção da coalizão. Esta negociação irá definir o valor da quota q_i de cada negociador que totalizará a quantidade a ser vendida Q , sendo esta firmada via contrato subsidiário. Essa pode ser realizado de duas formas: (a) é realizado um leilão, este tem o objetivo de realizar a verificação da capacidade de atendimento e ao mesmo tempo realizar a confecção do contrato subsidiário que os obrigará a fornecer o acordado neste leilão; (b) é realizada uma votação, com a propriedade a ser combinada e os valores para ela, esta votação deverá buscar o consenso, pois cada negociador assinará um contrato onde se comprometera em fornecer o que foi acordado. (2) Os negociadores vão para a negociação principal, sabendo das quantidades que os mesmos podem e vão fornecer. O não cumprimento do acordado poderá acarretar em sanções contratuais.

4.3.3 Atribuição de Valores a Propriedades do Contrato

Nesta modalidade os membros da aliança têm como característica a intenção de atribuir o valor de uma propriedade, esta propriedade está contida no contrato principal. Sendo assim, de alguma forma eles podem utilizar o combinado para a propriedade para homogeneizar a coalizão.

Motivação e objetivo: O objetivo deste tipo de coalizão é que ao atribuir valor a propriedades específicas do contrato, eles podem então oferecer prazos, garantias, etc. De uma maneira que aumente suas chances de serem vencedores de uma negociação por ofertarem melhores valores a estas propriedades que não necessariamente têm a ver com o valor de venda do produto a ser negociado no contrato principal.

Definição do problema: Um determinado negociador IN deseja comprar uma quantidade de um produto. O mesmo leva em consideração além do preço dos produtos, o prazo de entrega e o tempo de garantia para este item. O mesmo faz essa aquisição em leilões, onde os negociadores N_i que possuírem o menor valor de venda, justamente com melhores prazos e garantias serão escolhidos para ser os provedores. Em alguns casos pode ser interessante que alguns N_i definam as propriedades de prazo de entrega e tempo de garantia para que se tornem mais homogêneos e possam no momento do leilão se preocupar apenas com os valores que serão dados de lance. Isto porque eles teriam acordado previamente os melhores prazos e tempo de garantia possíveis para eles.

4.3.3.1 Atribuição de valores *binding* multilateral

Características: Este padrão tem como característica o uso de coalizões *binding*. É firmado um contrato subsidiário com relação ao valor de algumas propriedades específicas que cada negociador deverá cumprir. Este acordo é formalizado através de algum processo de negociação multilateral. Isto porque existem vários signatários que devem cooperar e cumprir as exigências. A negociação é feita sobre o valor direto de uma ou mais propriedades do contrato principal, podendo ser relativo a garantias, prazos, etc. Portanto, para a construção da coalizão é utilizado algum padrão de negociação já conhecido (leilão ou votação) apresentados na Seção 3.

Resolução: Para resolução deste padrão, são propostos os seguintes passos: (1) é realizada a negociação para a construção da coalizão. Esta negociação irá definir o valor das propriedades que os membros têm o intuito de atribuir os valores. Após esta negociação é confeccionado um contrato subsidiário. Essa negociação pode ser realizada de duas maneiras: (a) na forma de leilão, com o objetivo de negociarem o valor que cada membro irá atribuir a(s) propriedade(s); (b) na forma de votação, com a(s) propriedade(s) que farão parte do contrato subsidiário, esta votação deverá buscar o consenso, pois cada negociador assinará um contrato onde se comprometerá a cumprir o acordado na negociação principal. (2) Os negociadores vão para a negociação principal, sabendo os valores que devem ofertar para a(s) propriedade(s) combinadas previamente. O não cumprimento do acordado gerará sanções contratuais.

4.3.3.2 Atribuição de valores *non-binding* multilateral

Características: Este padrão utiliza a coalizão *non-binding*. Assim não é firmado um contrato com as o valor das propriedades a serem combinadas. O acordo é feito informalmente via processo de consulta. A consulta é realizada de maneira direta sobre a(s) propriedade(s), pois visam combinar alguma propriedade que é refletida na negociação do contrato principal. Outra característica é que a consulta é realizada de maneira multilateral, isto pois, este padrão forma a coalizão para negociar um contrato multilateral

que envolve vários signatários que irão fornecer determinado produto e as propriedades combinadas neste padrão, serão parte deste.

Resolução: a aplicação deste padrão propõe alguns passos, são eles: (1) É realizada uma consulta com o objetivo de atribuir valor a algumas propriedades que constarão no contrato principal e os membros queiram fixar os valores para estas. Esta consulta pode ser feita utilizando qualquer um dos padrões de mensagem para consulta propostos; (2) Após a consulta, os negociadores vão para a negociação do contrato principal, cientes dos valores que deveriam atribuir para algumas propriedades. Nada obriga que os mesmo ofertem o valor combinado para a(s) propriedades(s).

4.4 Levantamento de Riscos Envolvidos na Construção de Coalizões

Esta seção descreve os principais riscos inerentes às coalizões considerados após alguns levantamentos de comportamentos do mundo real. Estes riscos foram observados de acordo com os padrões de coalizão que foram levantados e possibilitam então se aferir e modelar estes riscos. Foram levantados três principais riscos que serão detalhados na sequência.

4.4.1 Risco de Comportamento Desleal

O risco de *comportamento desleal* é uma discrepância entre o comportamento combinado durante a formação da coalizão dos membros da coalizão contra comportamento efetivo que os negociadores exibem dentro da negociação real. No modelo aqui apresentado, é proposta a variável *fairness* (F) para medir e simular tal risco. Esta variável varia entre [0,1]: 0 significa que um determinado negociador não é fiel, ou seja, o seu comportamento durante a negociação não é determinado em qualquer nível pelo combinado durante o processo de consulta; 1.0 significa que o negociador cumpre integralmente o que foi combinado na consulta previamente realizada.

Este risco foi observado em vários padrões de coalizão que foram levantados anteriormente. Ele ocorre em alguns momentos distintos dentro dos diferentes tipos de coalizões: (1) No compartilhamento de recurso *non-binding* multilateral 4.3.1.2, o risco ocorre quando o negociador se compromete a partilhar determinado recurso, no entanto, não há nada que obrigue o negociador a agir conforme o combinado. No momento da negociação do contrato principal, ele pode atuar de maneira individualista e não seguir o que havia sido acordado. (2) Na definição de quotas *non-binding* multilateral 4.3.2.1, não existindo o contrato que obrigue o fornecimento do valor correto para quota os negociadores podem ser desleal e oferecer quantidades e valores diferentes dos que foram acordados previamente no momento da formação da coalizão. (3) Na atribuição de valores *non-binding*

multilateral 4.3.3.2, ao agir de maneira desleal, não atribuindo os valores que haviam sido combinados para as propriedades. Um negociador pode tentar se beneficiar do que foi acordado, oferecendo condições melhores para ser mais competitivo que os outros membros da coalizão.

Este risco que envolve o comportamento desleal ocorre em geral nas coalizões *non-binding*. Pois é nestas que não existe nada que obrigue os negociadores a se comportarem de acordo com o combinado, assim eles podem agir da maneira que julgarem mais benéfica.

4.4.2 Risco de Heterogeneidade de Comportamento

Negociadores com alto nível de competitividade são ansiosos para obter resultados rapidamente e, muitas vezes, usam qualquer artifício e tática que têm à mão para alcançar seus objetivos. O modelo aqui apresentado utiliza uma variável denominada *aggressiveness* (AG) para simular e avaliar tal comportamento. Esta variável também varia entre $[0,1]$: 0 significa que o negociador não é nada agressivo; 1, que é muito agressivo. Um comportamento agressivo tende a forçar que os valores negociados aumentem (ou diminuam) com uma intensidade maior do que aconteceria com um comportamento menos agressivo dentro da coalizão.

Podemos relacionar dois principais riscos que envolvem esse comportamento. Primeiro, pode haver dois grupos distintos de membros dentro de uma mesma coalizão coalizão: um destes formado por negociadores mais agressivos e o outro por membros conservadores. Caso exista discrepância no tamanho de cada grupo, um destes pode determinar ou impactar de forma mais significativa no comportamento geral da coalizão ao qual estão contidos. Segundo, a agressividade de alguns pode fazer com que os membros da coalizão aceitem valores mais baixos, fazendo com que possa haver perdas por esta queda nos valores.

A agressividade pode afetar tanto a fase de formação da coalizão quanto a de negociação. No primeiro, isto ocorre porque quando uma consulta é realizada para a formação da coalizão, os negociadores mais competitivos propõem e aceitarão valores mais baixos, fazendo com que haja um impacto no valor combinado pela coalizão, gerando, por consequência, uma coalizão mais competitiva. No segundo, por ser mais agressivo, tende a aceitar ou propor valores mais baixos para o objeto em questão. Isto compele os outros negociadores, incluindo os de fora da coalizão, a também serem mais agressivos em sua atuação.

Este risco ocorre em diferentes padrões em diferentes momentos, como já mencionado. No compartilhamento de recurso *non-binding* multilateral 4.3.1.2, negociadores totalmente agressivos tendem a serem mais competitivos, mesmo que precisem arriscar mais para que isso seja possível. Estes podem ignorar o que foi acordado e começarem a agir de maneira isolada e sozinhos. Assim como acima mencionado pode afetar o valor

combinado para o recurso compartilhado, um negociador muito agressivo buscará pagar menos por este. Na definição de quotas *non-binding* multilateral 4.3.2.1, caso exista alguns muito agressivos, no momento da consulta estes tentarão fornecer a quantidade mais elevada possível de seu produto, fazendo com que os menos agressivos tendam a fornecer menos e, com isto, lucrar menos. Este mesmo risco pode ocorrer também na coalizão definição de quotas *binding* multilateral 4.3.2.2. Logo, na fase de negociação principal membros muito agressivos podem se desprenderem do acordado e caso sintam que será vantajoso, oferecerão quantidades diferentes das combinadas. Na atribuição de valores *non-binding* multilateral 4.3.3.2, pode ocorrer em ambos os momentos, negociadores muito agressivos tenderão a tentar impor suas condições sobre os valores das propriedades.

4.4.3 Risco de Fuga de Membro

Este risco considera o comportamento do negociador após a negociação do contrato principal, por exemplo, durante a formalização da partilha de algum recurso (assinando um contrato subsidiário). É avaliado se ele se comporta e cumpre com o combinado previamente na formação da coalizão. A variável utilizada como medida para este comportamento é denominada *commitment*. O *commitment* é um valor no intervalo de $[0,1]$, sendo 0 um indivíduo nada comprometido e 1 totalmente comprometido.

O risco de haver negociadores não comprometidos faria com que os outros membros da coalizão precisassem assumir as consequências financeiras causadas pelo seu comportamento.

Obviamente, com este comportamento os benefícios que os membros da coalizão obteriam se todos os membros fossem comprometidos podem ser reduzidos ou até mesmo extintos. Portanto, esse risco não impacta no processo de formação da coalizão e nem no processo de negociação principal. No entanto, afeta diretamente o processo de pós-negociação do contrato principal, isto é, a assinatura do contrato subsidiário. Processo esse que é inerente de todos os padrões de coalizão *non-binding*. É na pós-negociação que é determinado o custo final da execução do contrato, visto que só neste momento se sabe quantos membros da coalizão “venceram” a negociação (ou seja, assinaram o contrato principal) e poderão, efetivamente, por exemplo, dividir o recurso ou a quota. Por exemplo, considere o cenário de compartilhamento de um meio de transporte. Pode ocorrer que o número de membros da coalizão que efetivamente “venceram” a negociação seja muito reduzido. Assim, poderia ser mais vantajoso para algum dos membro da coalizão utilizar outro meio de transporte mais barato e de menor capacidade, ao invés de compartilhar o recurso. Tal membro se recusaria a assinar o contrato subsidiário.

Neste capítulo foram levantadas algumas características que foram observadas nas coalizões. Estas são utilizadas para identificar as coalizões. Na sequência foram levantados os cenários para coalizões mais relevantes, de acordo com comportamentos que baseiam-se

no mundo real. E então utilizando ambas as informações levantadas, foram apresentados alguns padrões para formação de coalizão em negociação automática de contratos. O próximo capítulo apresenta a modelagem comportamental que utiliza como base os cenários e padrões descritos neste capítulo.

5 MODELAGEM COMPORTAMENTAL

Esta seção considera o cenários que motivam a formação de coalizão e os riscos descritos nas seções 4.2 e 4.4 para propor um modelo de decisão para os negociadores de uma coalizão. Ele considera que cada negociador (participante ou não de uma coalizão) possui uma tabela de decisão que é previamente configurada para a negociação de um modelo de contrato específico. Tal configuração não leva em conta a existência da coalizão. Porém, ela é alterada em consonância com o combinado no processo prévio de formação da coalizão e, portanto, os negociadores coligados podem tomar decisões condizentes com o combinado entre eles.

O processo de decisão durante uma negociação específica, assim, leva em conta a tabela de decisão (original ou alterada), bem como as variáveis comportamentais descritas anteriormente (a saber, *fairness*, *aggressiveness* e *commitment*).

5.1 O negociador

Os negociadores são modelados para que possam implementar seu comportamento da maneira mais apropriada para a situação em que serão utilizados. Para que possam ser implementados estes negociadores possuem algumas interfaces. Estas interfaces recebem mensagens de outros negociadores e/ou de um *Notary*, dependendo do tipo de negociação. Estas interfaces podem ser relativas ao (1) estabelecimento de uma negociação, (2) configuração de negociação e (3) estabelecimento de coalizões. Esta modelagem é genérica para que permita que o negociador seja modelado de maneira que, a qualquer momento sua “inteligência” possa ser substituída por qualquer outra que quem o utiliza julgar mais adequada. Para tal, faz-se uso das interfaces mencionadas.

Isto possibilita que os negociadores tenham comportamentos diversos, podendo então se aplicar situações reais. Aqui os negociadores são modelados tendo algumas características que inerentes a ele modelam seu comportamento de uma forma básica. Todo negociador possui uma *credencial* que contém uma *identificação* que será única e que é definida no momento de sua criação. Esta identificação é utilizada para o envio das mensagens entre os negociadores, usa-se ela para o endereçamento das mensagens. No entanto, esta característica não influencia no comportamento do negociador.

Existem várias características que vão influenciar diretamente na tomada de decisão. Uma delas é o custo, este custo pode ser referente ao custo de produção de um produto, mas pode ser também com relação ao custo da prestação de um determinado serviço. Estes custos foram divididos buscando cobrir de uma maneira abrangente e simplificada todos os diferentes custos envolvidos em um bem ou serviço. Cobrindo então

os custos de entrada, processamento e saída, então temos os seguintes custos: *custo de insumos*, *custo de produção* e *custo de transporte*. O primeiro, se refere aos custos dos produtos utilizados na produção do bem ou serviço. O segundo, trata dos custos de produção do bem ou serviço, podendo ser este, por exemplo, o custo da mão de obra para a produção de um determinado produto. Por fim, temos o custo do transporte, que considera todo o custo envolvido na locomoção do produto até seu destino final. Assim, estas três características buscam abranger e generalizar todos os custos que um negociador da cadeia possa ter para a produção e entrega de seu produto.


Todos os negociadores também possuem uma configuração para o *lucro mínimo* por eles esperado. Este é um valor de percentual que é calculado a partir dos custos acima mencionados. Além disso, possuem um *valor esperado* e um *primeiro valor a ser proposto*. O valor esperado é o valor que o negociador aceita sem qualquer restrição para a venda de seu produto. Nele está embutido o lucro desejado, ou seja, considera o seu valor de custo adicionando o valor do lucro que o negociador desejaria ter com o produto. Diferente do lucro mínimo que é o limite inferior para o valor de venda, o lucro desejado é o lucro que o negociador almeja ter com seu produto no melhor caso. O primeiro valor a ser proposto é utilizado em negociações que possibilitam o uso de contra-ofertas. É um valor inicial que o negociador utiliza para medir ou verificar como será o andamento da negociação, este normalmente é acima do seu valor esperado. Por exemplo, em um leilão o proponente envia um produto a ser comprado e o valor que deseja pagar pelo mesmo. Ao invés do negociador que irá participar do certame oferecer o seu valor esperado na sua primeira oferta ele envia o seu primeiro valor, isto caso este esteja dentro das restrições feitas pelo proponente. Assim, caso esse primeiro valor seja aceito, acabará por ter um lucro acima do esperado, caso contrário ele pode realizar outros lances diminuindo o seu valor proposto.

Além disso, os negociadores armazenam informações sobre outros três atributos que serão mais bem explicados nas seções seguintes, são estas: *fairness*, *aggressiveness* e *commitment*. A partir destas informações os negociadores podem utilizar alguma lógica para propor, aceitar ou recusar valores. Eles fazem isto utilizando uma tabela de decisão, que será explicada detalhadamente na seção seguinte.

5.1.1 A tabela de decisão

A tabela de decisão é uma tabela de probabilidades que é calculada em cima do valor esperado pelo negociador. Normalmente utilizada para o aceite de propostas que estão abaixo do valor esperado pelo negociador. A probabilidade então é sobre a chance de aceite de um valor menor. É uma tabela simples que contém 2 linhas, na primeira linha estão os percentuais com a probabilidade de aceite. A segunda linha contém o percentual sobre o valor esperado que é aceito. Dado o valor esperado (*EV*) como \$200 e o valor

ofertado (V) \$180 encontra-se o percentual utilizando a fórmula $((V/EV) * 100)$ tendo como resultando o percentual do valor como (PV) 90%. O funcionamento da tabela é simples: (1) após a verificação do percentual é encontrado o valor de PV ; (2) na linha do percentual é encontrada qual a coluna que possui valor maior ou igual ao valor encontrado, na Figura 9 vemos a seta indicando a coluna encontrada; (3) o valor de probabilidade de aceite para este percentual é de 40, então um número randômico entre 0 e 100 é gerado, se este número for menor que 40 será aceito o valor proposto, caso contrário não será aceito. Isto caso o mesmo não se encontre abaixo do valor aplicado o lucro mínimo.



Probabilidade	0	20	40	90	100
Percentual	75	80	90	95	100

Figura 9 – Exemplo de tabela de decisão

Assim, de maneira simplificada, utilizando esta tabela de decisão para tomada de decisão, juntamente com as outras características consegue-se simular algumas situações do mundo real. Tal tipo de inteligência simplista é utilizada em alguns trabalhos para definir a inteligência do negociador, quando o foco está em outros pontos.

5.2 Modelagem comportamental guiada por riscos

Para realizar a modelagem comportamental guiada pelos riscos supracitados, leva-se em consideração o negociador mencionado. Assim para este tipo de negociador é possível se criar um modelo comportamental que consiga simular várias situações do mundo real. Tais situações envolvem a capacidade de oferta dos negociadores, levando em conta seus custos, se os mesmos vão seguir o que combinaram na formação da coalizão entre outros comportamentos que podem ser simulados.

Então utilizando como base os riscos levantados anteriormente, foi possível obter três variáveis para simular os comportamentos: *fairness*, *aggressiveness* e *commitment*. Estas podem ser combinadas para que seja possível simular os mais diversos comportamentos. Serão explicadas em detalhe na sequência, demonstrando seus impactos na tomada de decisão por parte dos negociadores tidos aqui como base.

Caso os negociadores implementem “inteligências” diferentes da aqui utilizada talvez o modelo não seja capaz de abranger estes negociadores. No entanto, com algumas modificações e utilizando os mesmos princípios aqui apresentados é possível se modelar os negociadores de acordo com os comportamentos mencionados.

5.2.1 Como *fairness* influencia na tomada de decisão

Com relação às variáveis comportamentais, a primeira delas é a *fairness* (F). Esta foi proposta inicialmente no nosso trabalho Avila-Santos et al.[45]. Ela é usada durante a negociação para calcular um novo valor esperado (\bar{EV}) para a tabela de decisão, como descrito na Equação 5.1.

$$\bar{EV} = (CV * F) + (EV * (1 - F)) \quad (5.1)$$

Nesta equação CV é o valor combinado na formação da coalizão, EV é o valor original e F é a *fairness* do negociador. É fácil notar que quanto maior a *fairness* do negociador, mais próximo \bar{EV} será de CV .

A *fairness* também pode ser usada para calcular outros parâmetros para a tomada de decisão. Suponha, por exemplo, que um dado negociador considere o custo do meio de transporte que utilizará para entregar o produto em negociação. Note que este custo não faz parte do contrato em negociação. Caso tal transporte possa ser compartilhado entre os membros de uma coalizão, o custo de cada membro diminuirá. Cada negociador, pode então *estimar* quanto será a redução deste custo de acordo com sua *fairness*.

5.2.2 Como *aggressiveness* influencia na tomada de decisão

A *aggressiveness* é uma variável comportamental que impacta tanto na formação da coalizão, quanto na negociação. Ela afetará o resultado da formação da coalizão, pois quanto mais agressivos forem os negociadores, mais tenderão a aceitar lucros mais baixos, fazendo com que o valor combinado (CV) diminua. Por outro lado, em leilões de uma negociação, um negociador agressivo tenderá a propor lances mais baixos.

Vamos analisar como *aggressiveness* pode ser usada na formação de coalizão e na negociação.

Na formação da coalizão. A tabela de decisão original também é reconfigurada para ser usada na formação da coalizão. O EV original pressupõem um lucro desejado, porém, um negociador agressivo tende a aceitar um lucro menor, É prudente evitar que a agressividade do negociador leve-o a prejuízos. Vamos supor que o negociador defina um lucro mínimo (MP) (em porcentagem) que deseja obter, em função do custo (C). A Equação 5.2 determina qual deve ser o valor esperado mínimo (V_M) para que o lucro mínimo seja atingido.

$$V_M = (C * (1 + (MP/100))) \quad (5.2)$$

Assim sendo, o novo valor esperado \bar{EV} é uma função do custo de produção (C), o lucro mínimo (MP) da agressividade (AG) (Equação 5.3).

$$\bar{EV} = AG * V_M + (1 - AG) * EV \quad (5.3)$$

Observe que quanto mais agressivo for o negociador, mais o novo valor esperado (\bar{EV}) se aproxima do lucro mínimo (V_M). Assim, inversamente, quanto menos agressivo, o negociador ficará mais próximo do valor esperado original (sem coalizão).

Na negociação. A agressividade também pode afetar a negociação em conjunto com a *fairness*. Note que, se um negociador possuir a *fairness* máxima, por mais agressivo que ele seja, ele deverá cumprir com o combinado na formação da coalizão. Por isso, podemos combinar as equações 5.1 e 5.3 para calcular o novo valor esperado.

$$\bar{EV} = (CV * F) + ((AG * V_M + (1 - AG) * EV) * (1 - F)) \quad (5.4)$$

Assim na equação 5.4 temos a combinação das duas. Vemos que se um negociador tem sua *fairness* máxima, por mais agressivo que este seja ele irá tender para o valor combinado (CV). A aplicação do CV é então proporcional a sua *fairness*.

5.2.3 Como *commitment* influencia na tomada de decisão

Outro aspecto a ser abordado é a fase de pós-negociação. Em coalizões *non-binding* pode existir a necessidade da assinatura de um contrato subsidiário entre os membros da coalizão vencedores. Por exemplo, no cenário *non-binding* de compartilhamento de recursos, os membros da coalizão vencedores irão efetivamente contratar o recurso a ser compartilhado.

Uma vez que a assinatura do contrato subsidiário é feita após a negociação do contrato principal, alguns membros vencedores podem ficar desmotivados a assinar o contrato subsidiário. Voltemos ao exemplo do compartilhamento de um meio de transporte. Pode ser que o compartilhamento fosse vantajoso se pelo menos quatro membros vencessem a negociação. Caso contrário, alguns desses vencedores poderiam ser muito comprometidos com a coalizão e recusar-se de assinar o contrato subsidiário.

Assim, para modelar o nível de compromisso do negociador nesta fase, é usada a variável *commitment* (C) conforme a Equação 5.6. Neste modelo, primeiro é necessário recalculer o custo que cada membro da coalizão terá para agir segundo o combinado na formação da coalizão. Voltemos ao exemplo de compartilhamento de um meio de transporte. Caso todos os membros da coalizão tivessem vencido a negociação, a parcela de cada um na divisão do custo de transporte seria CC , ou seja, o custo combinado na formação da coalizão. Porém, na pós-negociação, dado que apenas alguns dos membros venceram a negociação, o custo do transporte deverá ser dividido apenas entre eles. Assim o novo CC (\bar{CC}) é recalculado segundo a Equação 5.5, tal que, *Winners* é o número de membros que venceram a negociação e *Losers*, dos que perderam.

$$\bar{C}C = \frac{\sum_{N \in Losers} CC}{Winners} \quad (5.5)$$

A Equação 5.6 calcula o valor do custo sugerido individual (SC), tal que, OC é o custo do negociador quando o mesmo não participa da coalizão. Se o $SC \leq OC$, ele vai aceitar o contrato subsidiário. Vale observar que se ele for comprometido com a coalizão, tende a esse custo senão ele tende ao custo individual. De maneira simplificada, o negociador poderá utilizar o seu SC para decidir se vai ou não assinar o contrato subsidiário. Assim outras variáveis devem ser levadas em consideração, são estas: CC que é o custo combinado na formação da coalizão, OC que é o custo do negociador quando o mesmo não participa da coalizão, $Winner$ é o número de integrantes da coalizão que venceram o certame e $Losers$ os que perderam. Então temos a função a seguir: Se ele for *commitment* ele tende a esse custo senão ele tende ao custo individual.

$$SC = C * \bar{C}C + (1 - C) * OC \quad (5.6)$$

Assim, é possível se determinar o SC , todo valor que fique acima deste não será aceito pelo negociador pois, fica abaixo do custo inicial e acima do custo que considera o seu comprometimento.

5.3 Proposta de um ambiente para negociações automática de contrato com foco em coalizões

Nesta seção é apresentado o ambiente proposto para simulação de negociações automáticas com o foco em coalizões. É demonstrada toda a modelagem do ambiente. Tal ambiente, proporciona a formação de coalizões *binding* e *non-binding*. Assim como simulação de alguns dos comportamentos que foram levantados previamente. É proposto aqui um ambiente que expande o *framework SPICA* possibilitando a inclusão da formação das coalizões *non-binding*. Então, utilizando a modelagem proposta anteriormente essa integração ao *framework* é relatada nas seções que seguem.

5.3.1 Integração da modelagem comportamental para coalizões com o processo de negociação do *SPICA framework*

O processo de negociação do *framework SPICA*, como mencionado anteriormente, disponibiliza diversos tipos de negociações. Mais de um desses tipos podem ser utilizados para negociar um único contrato. O processo de formação da coalizão pode ocorrer antes ou durante estes padrões de negociação. Para que se entenda como é o funcionamento do padrão das negociações que envolvem as coalizões, primeiro são apresentados os padrões para as negociações tradicionais. As coalizões *binding*, são negociações que ocorrem em

paralelo ao processo de negociação principal e estabelecem o contrato subsidiário, este pode ser com relação a um recurso, quota, etc. Estes padrões (leilão e votação), são guiados por contrato.

O leilão que foi apresentado na Seção 3.4.2. Possui um líder e ocorre em etapas de leilão. A cada etapa o negociador interessado em participar do certame envia suas propostas ao *Notary*, que é responsável de as enviar ao líder. Por sua vez, o líder pode aceitar os lances que julgar mais interessantes, estes podem ter sido recebidos na última ou em quaisquer das etapas anteriores. Ele pode também solicitar ao *Notary* que execute outra etapa de leilão caso julgue interessante. Neste caso ele pode alterar as restrições para obter propostas diferentes. O outro padrão de negociação é a votação e foi apresentado na Seção 3.4.3. Uma votação pode ser referente a uma ou mais propriedades. Existe uma ou mais propriedades em aberto, estas serão as propriedades a serem votadas. Para cada propriedade é fornecida uma lista de opções, na qual o negociador deverá optar por alguma delas e enviar seu voto ao *Notary*. O *Notary* por sua vez sumariza e envia o resultado da votação para todos os participantes.

Originalmente, embora o Protocolo de Negociação *SPICA* não possuísse uma maneira formal e explícita de construção de coalizões, na prática poderia ser feito usando as primitivas existentes do protocolo para construção de coalizões *binding*. Tais primitivas são os padrões de negociação acima mencionados. Entretanto, o protocolo foi estendido com as mensagens denominadas *consultas* para permitir coalizões *non-binding* e um novo tipo de agente foi incluído no *framework*, este por sua vez denominado *Mediador*, que é um terceiro de confiança, usado, por exemplo, para garantir a confidencialidade nas consultas. Tais mensagens, propostas em Avila-Santos et al.[45], visam facilitar o alinhamento das estratégias dos membros da coalizão, mas não constituem um contrato nem geram obrigações. Essa implementação é feita através de novos tipos de informações que podem ser trocadas pelos negociadores, o que enriquece o protocolo e o deixa com a capacidade de formação de coalizão.

As consultas podem ocorrer de duas formas diferentes: (a) visando a convergência de intenções; ou (b) concordando sobre a proposta. Na convergência de intenções, os negociadores compartilham informações e cada um deles faz seu melhor esforço tentando alinhar suas estratégias de acordo com a negociação. Tipicamente, os membros da coalizão não compartilham informações sobre um valor específico para uma propriedade, mas um valor em torno dela. Este tipo de mensagem está dividido em dois subtipos: (i) Resumo das Intenções; e (ii) Explosão de Intenções. Deve-se mencionar que o processo de consulta ocorre em paralelo ao processo de negociação, portanto não está atrelado ao mesmo. Sendo assim, dependendo do modelo de coalizão formada, não necessariamente as ações de um negociador durante a negociação devem refletir o informado no processo de consulta prévia.

Estas mensagens foram especificadas através de algumas novas interfaces, assim como mencionado anteriormente que o protocolo utiliza basicamente dois tipos de mensagens de dados: *RFP* e *offer*. Para o processo de consulta também são utilizados dois tipos de mensagens, sendo estes: A solicitação de informação (*RFI – Request for information*) – que é similar à *RFP* – e a informação (*Info – information*). Assim como no processo de negociação que existe um terceiro confiável denominado *Notary*, no processo de consulta este terceiro confiável que é responsável por algumas trocas de informações, este é denominado *Mediador*.

Como supracitado uma *RFI* é muito similar à *RFP*, portanto, ela normalmente solicita valores para uma ou mais propriedades, também podendo solicitar os limites inferiores e superiores para estas. A *Info* por sua vez se assemelha, e muito, com a *offer*, então, são propostos valores para as propriedades em resposta a uma *RFI*. Apesar de informar os valores durante o processo, esse tipo de interação não obriga com que o negociador cumpra com o informado. Como já mencionado essas consultas podem ser feitas das seguintes formas: (a) com objetivo de convergência das intenções; ou (b) acordo sobre a proposta. Abaixo serão apresentados e caracterizados estes padrões de mensagens e suas abordagens para formação de coalizão.

Convergência de intenções (*convergence of intentions*): Nesse padrão os negociadores compartilham informações e se esforçam para alinhar suas estratégias. Portanto, esse padrão pode ser utilizado de duas formas:

- **Sumário de intenções:** este padrão de mensagem está demonstrado na Figura 10, tem início com a mensagem de *consultTendency*. Esta mensagem informa que um individuo da coalizão tem a intenção de iniciar um processo de consulta utilizando o padrão de convergência de intenção. Tal mensagem gera e envia uma *RFI* que é recebida por todos os membros da coalizão, esta por sua vez é respondida individualmente por eles usando uma mensagem de *receiveVeiledIntention*. Esta mensagem envia uma *Info* em resposta, então são informados os valores que haviam sido indagados pela respectiva *RFI*. Esta última não é enviada em resposta diretamente para os membros da coalizão, mas sim para o *Mediador* sendo este o responsável por confeccionar um sumário de intenções com as informações obtidas. Neste sumário estão contidos, por exemplo, a média dos valores para a propriedade proposta, desvio padrão e etc. Após esta sumarização o *Mediador* transmite essa informação através da mensagem de *receiveIntentionSummary*.
- **Explosão de intenções:** demonstrada na Figura 11, nela um membro da coalizão pode solicitar aos outros participantes que enviem suas intenções para uma determinada propriedade através de uma mensagem de *consultIntentions*, podendo ser relativa, por exemplo, a um valor de venda de determinado produto. Todos os ne-

gociadores, neste caso, transmitem suas intenções de maneira aberta para os outros membros da coalizão através de uma mensagem de *discloseIntentions*. Portanto, não existe a necessidade da participação do *Mediador*, visto que é dispensável a presença de um terceiro confiável.

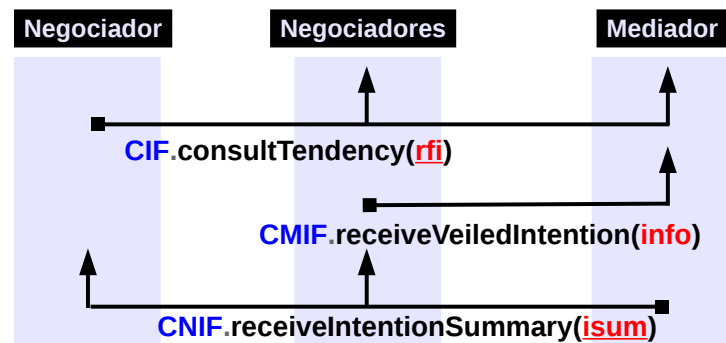


Figura 10 – Sumário de intenções no framework *SPICA*

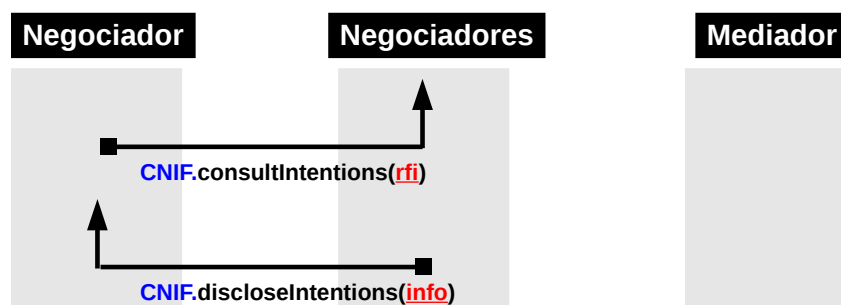


Figura 11 – Explosão de intenções

Concordando sobre a proposta (*Agreeing on Proposal*): Neste modelo de consulta os negociadores visam uma resposta consensual sobre alguma questão específica. Para que isso seja possível uma ou mais votações podem ser executadas. Estas votações são realizadas como demonstrado na Figura 12, sendo da seguinte maneira: um dos negociadores membros da coalizão envia para todos os membros e para o *Mediador* a propriedade a ser votada através da mensagem *consultAgreement*. Estes negociadores, por sua vez, inclusive o proponente da votação, enviam seus votos para o *Mediador* através da mensagem *receiveAgreementChoice*. O *Mediador* é responsável por realizar a contagem dos votos e enviar o resultado para todos os membros do processo de votação com a mensagem de *receiveAgreementResult*.

A efetivação deste protocolo foi adicionada ao *SPICA framework*. Ele contém um número de pacotes java e algumas centenas de classes java e interfaces, incluindo o *Middleware* para prover a troca de mensagens para negociação, implementações padrão dos principais agentes de protocolo, por exemplo, *Notary*, *Mediator*, etc. Ela fornece uma implementação de um negociador que pode lidar com o fluxo de mensagens de negociação e que pode ser facilmente estendido para personalizações em negociações específicas. A

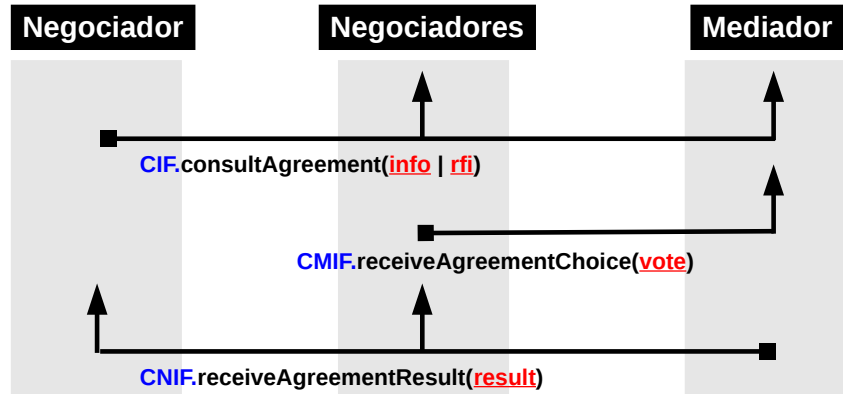


Figura 12 – Concordando sobre a proposta

“inteligência” deste negociador tem como base uma tabela de decisão simples. Para avaliar as propostas que recebe é feito o seguinte: para cada propriedade em negociação, cada negociador tem um valor (ou uma gama de valores) que considera um valor aceitável, este é o chamado *valor esperado* – (EV), este é o valor que ele sempre aceitará independente de sua tabela de decisão. Existem também os valores que o negociador jamais concordará, pois são muito abaixo do seu valor esperado, ou talvez abaixo do lucro desejado por ele. Valores intermediários serão aceitos com probabilidades específicas: quanto mais próximo do valor esperado, maior será a probabilidade de aceitação. As tabelas de decisão mantêm os valores e probabilidades de aceite.

5.3.2 Implementação

O *framework SPICA* compreende mais de 550 classes Java. O *middleware* é construído utilizando o mecanismo Java RMI (*Remote Method Invocation*). Este mecanismo permite a invocação de métodos remotamente em diferentes máquinas virtuais Java (JVM). O *middleware*, mostrado na Figura 13, visa facilitar a implementação de diferentes tipos de negociadores. O protocolo de negociação é descrito por meio de alguns fluxos de trabalho (por exemplo, há um fluxo de trabalho para lidar com os leilões). Esses fluxos são responsáveis pela execução de uma tarefa ou envio uma mensagem de negociação para o destinatário. O *middleware* foi implementado utilizando RMI, por ser simples e possibilitar a realização de chamadas de maneira distribuída remotamente.

Considerando novamente a Figura 13. Existe um negociador (*Negotiator 1*) disposto a fazer uma oferta a outros negociadores. O negociador deve implementar algumas interfaces para participar das negociações (representadas por pequenos círculos nesta figura). Assim, o *Negotiator 1* deve invocar a operação `receiveProposal` disponível em uma interface específica (ou seja, interface `PeerNegotiationIF`) implementada pelo outro negociador.

Os negociadores estão localizados em diferentes pontos e uma mensagem de negociação transmite informações extras necessárias para manter comunicação (por exemplo,

correlacionar mensagens em uma conversa, para detectar se uma mensagem expirou). Para facilitar esse processo de comunicação para o negociador, é implementado um adaptador de comunicação (ComAdp, na figura), é usado para poupar o negociador de ter que estar ciente de tais tarefas de validação das mensagens. Ele se assemelha ao negociador. Assim, o *Negotiator 1* apenas faz uma invocação local para seu adaptador que efetivamente cria uma mensagem de negociação, que é um documento XML como mostrado na Figura 14 e a entrega para *middleware* por meio de uma operação de *checkIn* fornecida pelo *middleware*. O *middleware* valida e transporta a mensagem a um *dispatcher*. O *dispatcher* abre a mensagem de negociação e invoca a operação apropriada no receptor (no exemplo, *receiveProposal*). Se necessário, ele transmite a mensagem para vários receptores.

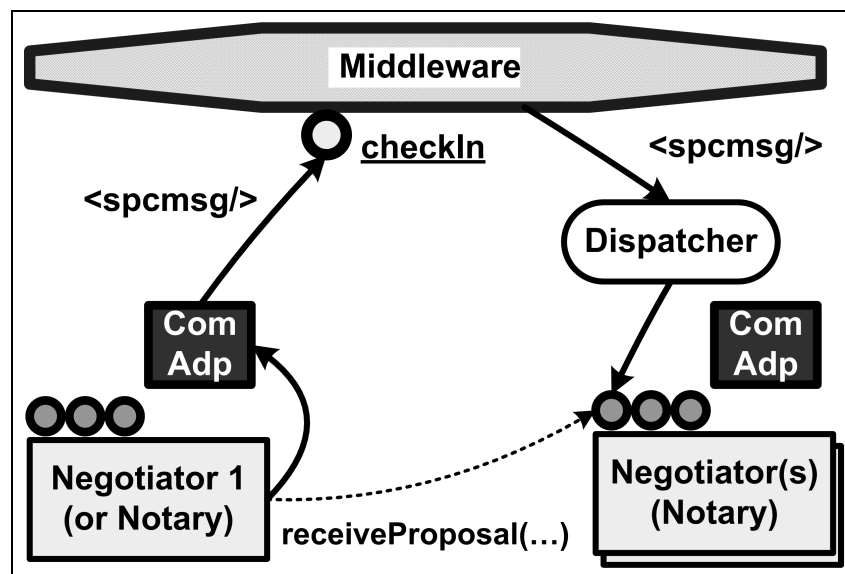


Figura 13 – Organização do Middleware (Fonte: 1, p. 14)

Algumas classes auxiliares foram implementadas nesta configuração. Uma delas é uma classe que facilita os registros. Ela registra todas as mensagens enviadas para o *middleware* e produz um relatório HTML exibindo todas as mensagens. Um exemplo dos registros dessas mensagens é apresentado na Figura 17. Todas as mensagens XML tal como na Figura 14 também são salvas, de modo a formar um repositório com os logs e o XML original, associando assim o HTML e o XML.

O negociador base oferecido pelo protocolo é uma classe abstrata *AbstractNegotiator*, é um negociador genérico compatível com o protocolo de negociação *SPICA*. Não avalia as propostas recebidas. A “inteligência” dos negociadores deve ser implementada em subclasses, substituindo os métodos abstratos, tais como, *analyzeRFI*, *analyzeBids*, *analyzeOffer*, e assim por diante. Esses métodos são responsáveis pela troca de mensagens e análises das informações. Um negociador pode ter um arquivo de configuração que é lido no início de sua execução. Uma classe auxiliar, o *ConfigurationFileReader*, torna o acesso ao arquivo de configuração mais fácil. O *AbstractNegotiator* estende uma outra

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<spcmsg>
  <tp>Arg</tp>
  <mid>1450290853973</mid>
  <pid>1450290853839</pid>
  <posted>2015-12-16T16:34:13</posted>
  <expires>2015-12-16T16:39:13</expires>
  <expectansw>Y</expectansw>
  <fromname>IndustryNotary</fromname>
  <receivers>G8</receivers>
  <arg>
    <fromname>IndustryNotary</fromname>
    <mid>1450290853973</mid>
    <pid>1450290853839</pid>
    <credential>
      <name>G8</name>
      <nid>1450290852888</nid>
      <isleader>N</isleader>
      <capabilities>capabilities not assigned</capabilities>
    </credential>
  </arg>
</spcmsg>

```

Figura 14 – XML de mensagem

- 4 [A negotiator G1 asks to be registered in the negotiation registerNegotiation\(ni,1450290853068,1450290852498,keycard\)](#)
IndustryNotary => G1
- 5 [Notary informs a negotiator that its registration has been accepted registrationAccepted\(IndustryNotary,credential\)](#)
G2 => IndustryNotary
- 6 [A negotiator G2 asks to be registered in the negotiation registerNegotiation\(ni,1450290853177,1450290852498,keycard\)](#)
IndustryNotary => G2
- 7 [Notary informs a negotiator that its registration has been accepted registrationAccepted\(IndustryNotary,credential\)](#)
G3 => IndustryNotary
- 8 [A negotiator G3 asks to be registered in the negotiation registerNegotiation\(ni,1450290853301,1450290852498,keycard\)](#)
IndustryNotary => G3
- 9 [Notary informs a negotiator that its registration has been accepted registrationAccepted\(IndustryNotary,credential\)](#)

Figura 15 – Log de eventos

classe abstrata o `NegotiationManager`, que por sua vez implementa várias interfaces para a troca dos mais variados tipos de mensagens e realização das tarefas. Interfaces tal como `VotingIF` na Figura ?? que possui os métodos para realização das votações, como por exemplo o método `askedForVote` que recebe um pedido de votação. Esta é uma classe abstrata que deve ser usada como uma super-classe para qualquer negociador. Um negociador possui um cartão-chave (*KeyCard*) que tem o objetivo de identifica-lo dentro do *framework*. Ele também tem uma Credencial para cada processo de negociação em que

participa.

```

1 public interface VotingIF
2 {
3     public void askedForVote(String fromName,
4         MessageIdentification mid,
5         MessageIdentification pid,
6         NegotiationInstanceIdentification nid,
7         NegotiationDescription nd,
8         BallotIdentification bid,
9         Ballot b) throws Exception;
10
11     public void receiveBallotResult(...);
12
13     public void willConduct(...);
14
15     public void willConduct(...);
16
17     public void wontConduct(...);
18
19     public void wontConduct(...);
20
21 }

```

Figura 16 – Exemplo interface VotingIF

Para que fosse possível a realização das consultas dentro do *framework* algumas coisas foram feitas. Uma delas foi a implementação de uma nova classe abstrata denominada *AbstractNegotiatorConsult* que estende a classe *AbstractNegotiator*. No entanto, implementa algumas interfaces a mais que possibilitam o processo de consulta. Sendo elas, *ConsultationIF* e *ConsultationNegotiatorIF*. Estas interfaces provem métodos que suprem as necessidades e possibilitam as trocas de mensagens entre os negociadores durante o processo de consulta. Por exemplo, como na Figura ?? o método *consultAgreement* que é utilizado no processo de consulta concordando sobre a proposta.

```

1 public interface ConsultationIF {
2     public void consultAgreement(String fromName,
3         ConsultationIdentification csId,
4         NegotiationInstanceIdentification nid,
5         MessageIdentification mid,
6         Info info, OptionsList options) throws Exception;
7
8 }

```

Figura 17 – Exemplo de método do ConsultationIF

Além disso, várias outras classes precisaram ser implementadas para possibilitar a realização das consultas dentro do *framework*. Tais como, Mediador, sumários, mensagens, etc.

Este capítulo teve como objetivo especificar a proposta de pesquisa a ser realizada, a fim de investigar as formações de coalizões. Foram expostas as diversas possibilidades para formação de coalizão que serão objeto de estudo. O próximo capítulo demonstra os experimentos realizados utilizando o modelo comportamental aqui proposto.

6 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Este capítulo descreve os experimentos que foram realizados. Estes experimentos buscaram aferir duas das principais contribuições desta dissertação, a saber: o modelo para negociadores dentro do contexto de coalizões, incluindo seus riscos inerentes; a implementação de um ambiente de execução e experimentação de coalizões de acordo com o modelo. Assim, especificamente, os experimentos objetivaram: (a) verificar se as negociações, seguindo o modelo comportamental proposto, produziam resultados esperados na prática; (b) testar o framework e verificar se as extensões feitas estavam em harmonia com a versão do framework existente.

Foram realizados dois estudos de casos, cada um com seu objetivo específico. No primeiro, que foi publicado em Avila-Santos et al.[45], foi feita uma avaliação da *fairness* individualmente, seu impacto dentro da coalizão e no ambiente de cadeia produtiva em que está inserida. No segundo, com o objetivo avaliar a *fairness* em conjunto com outras duas variáveis a *aggressiveness*, sendo possível então avaliar o comportamento da coalizão em fazes distintas. Na sequência estão descritos os experimentos e os resultados obtidos com a aplicação das variáveis comportamentais.

6.1 Estudo de Caso 1: Companhia de Granola

Este estudo de caso foi publicado em Avila-Santos et al.[45]. Foi proposta a criação de um cenário com o objetivo de avaliar a variável comportamental da *fairness* e, para isto, utilizado o processo de consulta para formação de coalizão, esta foi formada utilizando o modelo *non-binding*. O padrão utilizado para a troca das mensagens foi o de convergência de intenções utilizando o subtipo sumário de intenções. O cenário é apresentado na Figura 18, nele existe uma companhia de alimentos que produz granola representada ao centro da imagem. Tal companhia precisa comprar uvas (para que possa produzir uvas passas). Existem seis produtores que podem fornecer este produto (G1 ... G6), porém nenhum destes pode fornecer individualmente a quantidade requisitada pela indústria. Então a companhia de alimentos irá comprar uvas de aproximadamente metade deles. Devido a características geográficas, os produtores podem ser divididos em grupos sendo estes: o grupo que é composto pelas fazendas G1, G2 e G3 que podem compartilhar um recurso, sendo este o transporte, isso porque os três estão à margem da mesma rodovia R1. Logo, o segundo grupo é composto pelo restante das fazendas que não podem se beneficiar da divisão do recurso pois cada uma utiliza de uma rodovia diferente para chegar ao destino. Cada rodovia possui uma ou mais praças de pedágio, o que torna ainda mais vantajosa a divisão do custo do transporte. Portanto, as fazendas G1, G2 e G3 irão tentar

tirar proveito dessa característica geográfica e irão formar uma coalizão, para que deste modo possam dividir seus custos de transporte e se por consequência se tornarem mais competitivos perante aos outros produtores de uva.

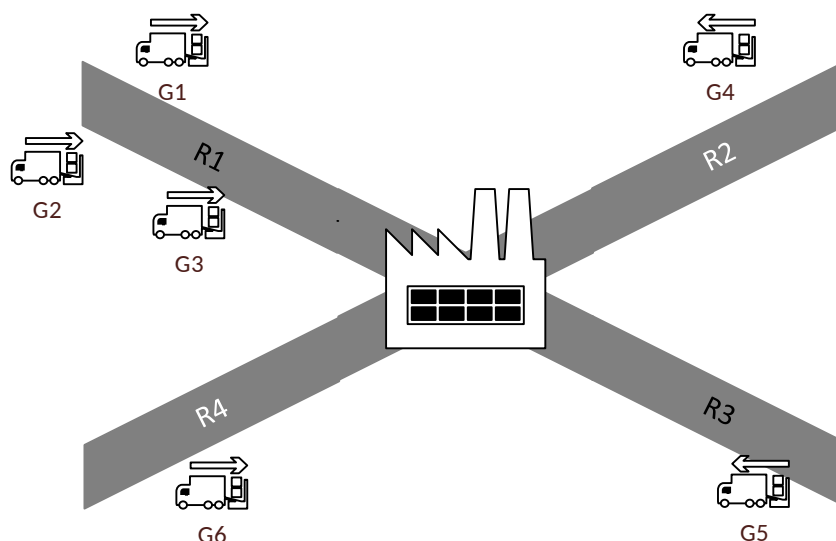


Figura 18 – Cenário da negociação da empresa de granola.

Entretanto, mesmo com formação da coalizão, não existem garantias de que todos os membros vencerão o processo de negociação e se tornarão os fornecedores de uva. Portanto, assinar um contrato prévio para garantir a partilha do recurso tende a se tornar muito arriscado. Por este motivo a solução utilizada foi do modelo de coalizão sem vínculo (*non-binding*), ou seja, busca-se manter o equilíbrio entre a competitividade e o risco. Retomando o cenário ilustrado na Figura 18, como é um cenário onde a competitividade está envolvida, então é necessário utilizar um processo de negociação no padrão de leilão. O Líder desse processo é a companhia de alimentos, que se encontra no centro da imagem. Ela por sua vez fornece o modelo de contrato que conduzirá a negociação. Tal companhia tem a intenção de aceitar os menores valores propostos. Por se tratar de um leilão que é composto por vários passos (lances), a companhia executa vários passos de leilão solicitando preços de maneira decrescente até não haver mais ofertas. Ao final, a companhia de alimentos irá tomar como vencedores do certame as três melhores ofertas dos produtores.

Os negociadores foram implementados utilizando uma tabela de decisão para realizar a análise dos valores propostos. Uma vez implementados, os produtores de uva utilizam suas tabelas e avaliam as propostas enviadas pela companhia de alimentos. Para cada propriedade, o negociador tem um valor ou intervalo de valores que o mesmo considera como aceitável, isto é, se o valor estiver acima do valor esperado (VE). A probabilidade de aceitação do valor é de cem por cento. Valores intermediários poderão ser aceitos com probabilidades específicas, quanto mais próximo ao VE maior a chance de aceitação. Os valores muito abaixo do VE não serão aceitos pelos negociador, sendo automaticamente recusados. Essa estratégia, apesar de simples, é eficaz para simular a negociação.

Como previamente mencionado os três produtores que compartilham da mesma estrada formaram uma coalizão e ao fazer isso, os membros alteram seus valores esperados temporariamente de acordo com o resultado da consulta, aumentando assim sua competitividade. Cada membro da coalizão, além de sua tabela de decisão, mantém o custo de produção (CP), e o percentual do custo do transporte em específico (PCT). Desta forma o lucro esperado (LE) pelo negociador pode ser facilmente calculado com uma fórmula em função de CP, PCT e LE.

Antes de iniciar a negociação, os membros da coalizão realizam uma consulta do tipo sumário de intenções, esta consulta acontece da seguinte maneira: (i) Cada negociador envia seu custo de transporte para o *Mediador*. (ii) O *Mediador* então sumariza os dados recebidos e os retorna para os membros da coalizão, este sumário contém, entre outras coisas a média do valor do transporte (MVT). (iii) Os negociadores assumem que o MVT será o custo total de transporte da coalizão. Esta suposição considera que um único veículo é capaz de transportar as uvas de todos os produtores, então seria sub-utilizado se utilizado por apenas um negociador. Sabendo que eles irão dividir este custo de transporte, os negociadores então irão arcar apenas com um terço do custo (caso todos ganhem). (iv) Na sequência eles recalculam seu VE, fazem isto mantendo a margem de lucro, mas agora diminuindo o valor do transporte pois este será compartilhado, desta forma, tem-se um novo valor esperado (VE'). (v) Por fim, os negociadores participam da negociação utilizando a tabela de decisão atualizada.

Vale ressaltar que o processo de consulta que foi apresentado não considera nenhuma propriedade do contrato. Em vez de realizar a consulta sobre o valor das uvas (que é a propriedade do contrato), a consulta foi realizada utilizando outro parâmetro, o custo do transporte, que neste cenário é mais interessante devido a proximidade geográfica. Como neste estudo de caso o processo de consulta utilizado é o sem vínculo (*non-binding*), o compromisso de um negociador com a coalizão pode ser variável. O nível de fidelidade de um negociador como mencionado o denominado *fairness*. Para avaliar como a fidelidade dos membros afeta o desempenho da coalizão, cada negociador mantém sua informação de *fairness* (F), esta pode ser variada para verificação de seu impacto no ambiente tanto da coalizão quanto no ambiente global.

6.1.1 Avaliação dos resultados

Para avaliar o estudo de caso proposto, os experimentos foram executados várias vezes. Para cada execução algumas configurações foram alteradas nos negociadores da coalizão (G1, G2 e G3). A configuração de um negociador é composta basicamente por dois itens: O primeiro é a tabela de decisão. Cada negociador tem uma tabela de decisão que é carregada ao ser iniciado. Os membros da coalizão podem mudar esta tabela de acordo com o resultado do processo de consulta, como descrito anteriormente. O segundo

é o fidelidade (*fairness*). Este é um parâmetro que é definido ao iniciar um negociador, assim o negociador pode participar de diferentes negociações com diferentes valores para o *fairness*.

Este estudo de caso teve o objetivo de avaliar o uso das coalizões em negociação automática de contratos, o impacto aos membros da mesma e ao ambiente externo. Para tal, algumas questões de pesquisa foram levantadas, são estas:

1. Os membros da coalizão têm fornecido uvas para a indústria mais frequentemente como um grupo do que individualmente?
2. O lucro de cada membro da coalizão aumentou quando comparado ao seu lucro antes de se tornar um membro?
3. O valor de compra para a indústria diminuiu?
4. Em qual grau o nível de compromisso dos membros da coalizão influencia nos resultados para um dado indivíduo membro? E para toda a coalizão?

As duas primeiras questões têm finalidade de verificar se a coalizão foi vantajosa para seus membros. A terceira visa demonstrar se a existência da coalizão trouxe benefícios também para os consumidores finais. Supondo que a indústria consiga comprar uvas por um valor menor, esta poderia eventualmente diminuir o valor de seus produtos para venda ao consumidor final, sendo essa uma possível estratégia para aumento de sua competitividade. A quarta e última questão busca avaliar o risco envolvido no uso das consultas, uma vez que ela não implica no compromisso dos seus participantes.

Foi construída uma configuração para que fosse possível avaliar as três primeiras questões por meio de várias execuções. Na primeira configuração, todos os membros da coalizão tiveram seu nível de fidelidade (*fairness*) fixados em 1 (ou seja, totalmente comprometido). Para responder a última questão, a configuração que foi executada variava o nível de fidelidade (*fairness*). Todos os experimentos foram executados 20 vezes, sendo considerado como uma execução um leilão completo, dessas, metade eram com consulta (com coalizão) e a outra metade sem. Assim foi possível responder os questionamentos acima mencionados.

Primeira questão, os membros da coalizão têm fornecido uvas para a indústria mais frequentemente como um grupo do que individualmente?

Para responder esta questão, temos o gráfico apresentado na Figura 19. Este mostra a quantidade de leilões que foram ganhos pelos negociadores nas negociações com e sem coalizões. É possível observar que os membros da aliança, quando fazem parte do processo de consulta com sua *fairness* $F = 1$, possuem um desempenho melhor em relação aos membros não participantes. O fato é que, todos os membros obtiveram melhor

desempenho, com exceção do negociador $G3$, neste caso ele obteve o mesmo resultado. Isto aconteceu porquê o negociador já era competitivo individualmente. Ainda na Figura 19 é possível observar que o negociador $G6$ é o membro mais competitivo no ambiente quando consideramos apenas os participantes sem coalizão.

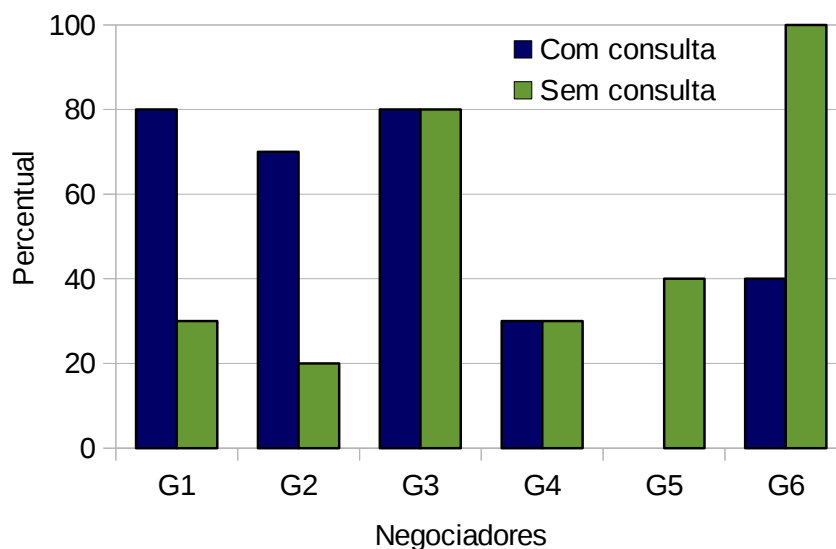


Figura 19 – Vencedores com consulta e sem consulta.

Segunda questão, o lucro de cada membro da coalizão aumentou se comparado ao lucro de antes de se tornar um membro?

Para esta avaliação temos a Figura 20, em tal gráfico temos a soma dos faturamentos que foram obtidos individualmente pelos negociadores. Percebemos que os membros da coalizão obtiveram faturamentos maiores quando comparados aos membros não participantes da mesma. Note que, o $G3$ obteve uma queda de desempenho ao participar da coalizão, vale ressaltar que o mesmo já era um membro competitivo. No entanto, se comparamos $G3$ com o $G6$, que são os mais competitivos em seus respectivos grupos, é visível que $G6$ obteve um desempenho pior quando o processo de consulta foi utilizado. Isto acontece pois o ambiente se torna mais competitivo, fazendo com que a competitividade individual dos negociadores, quando fora da coalizão, seja amenizada.

Terceira questão, o valor de compra para a indústria diminuiu?

Para responder a terceira questão, a Figura 21 apresenta a soma dos valores pagos pela companhia de alimento nas execuções dos experimentos. Fica claro que a companhia de alimentos se beneficiou com o ambiente mais competitivo proporcionado pela formação da coalizão e acaba pagando um valor menor pelo produto quando o processo de consulta está em curso. Foi possível verificar também que o valor pago pela companhia está correlacionado com a quantidade de membros da coalizão que venceram o processo de negociação. Para verificar e comprovar esta hipótese temos a Figura 22. As linhas mos-

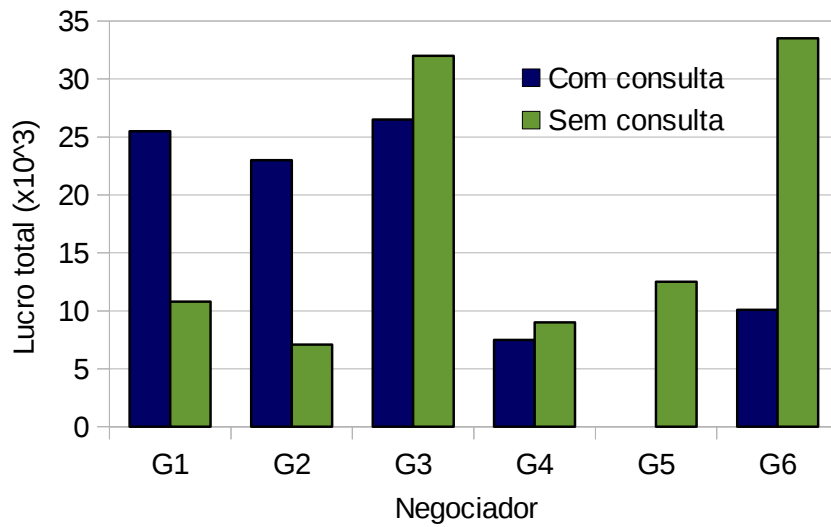


Figura 20 – Lucro total com consulta e sem consulta.

tram quantos membros com e sem coalizão venceram o certame e as barras representam o total pago pela indústria nos leilões. Nota-se que, não existe uma correlação clara entre o custo e o número de ganhar membros da aliança. No entanto, é possível observar que o fato de existir o processo consulta, torna o ambiente mais competitivo e então acaba-se por proporcionar a diminuição dos custos para a indústria.

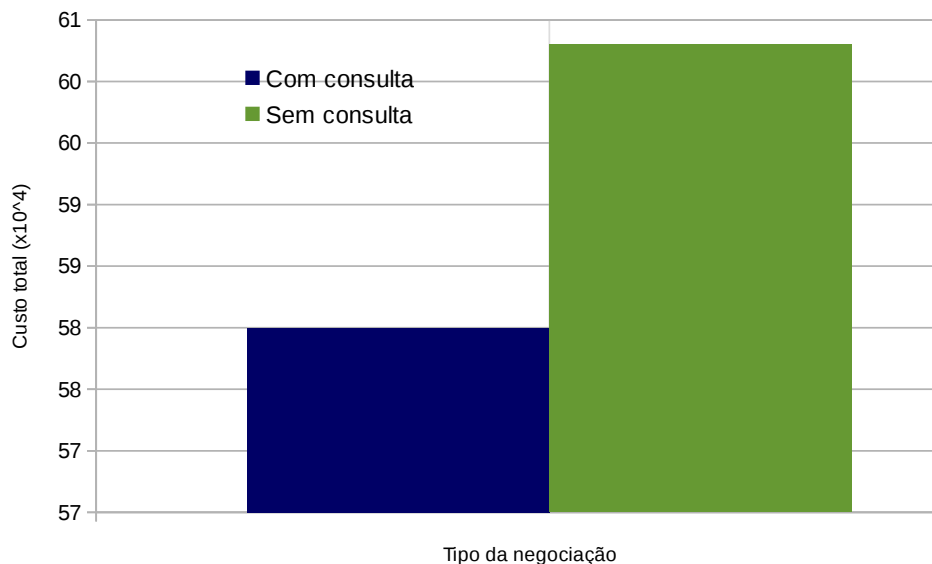


Figura 21 – Custo total com consulta e sem consulta.

Quarta e última questão, em qual grau o nível de fidelidade dos membros da coalizão influencia nos resultados para um dado indivíduo membro? E para toda a coalizão?

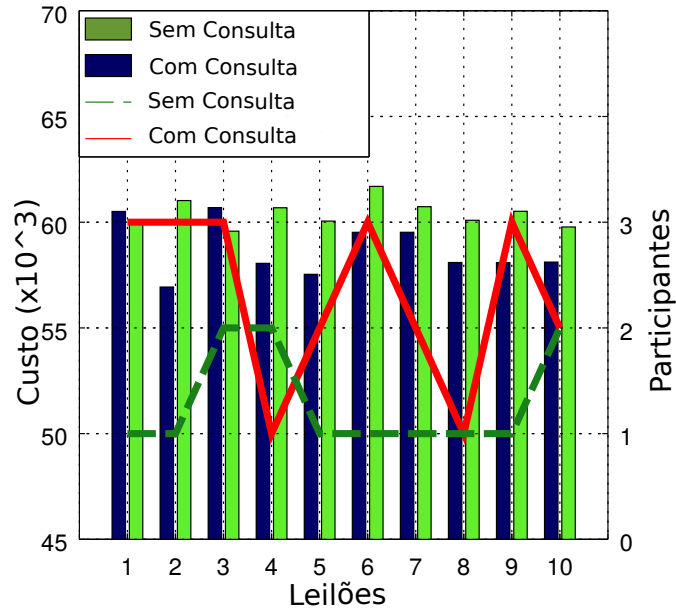


Figura 22 – Custo por leilão e número de vencedores com coalizão com e sem consulta

Para responder esta questão foram realizados dois experimentos distintos. No primeiro, apresentado na Figura 23, todos os membros da coalizão tiveram a sua fidelidade (*fairness*) fixados em um mesmo valor e o faturamento total de cada membro da coalizão – após 10 leilões – foram somados, então foi obtido o faturamento total da coalizão. Da mesma forma, o faturamento dos membros que não fazem parte da coalizão foram somados. Isso foi repetido para diferentes valores de *fairness* no intervalo de (0.0, 0.1, 0.2..., 1). Por exemplo, quando fixado em $F = 0.6$, o faturamento total dos membros da coalizão foi superior a 80.000 enquanto para os não membros esse valor não passou de 20.000. Portanto, fica demonstrado que os participantes do processo de consulta conseguem melhorar seus desempenhos quando possuem um nível de fidelidade mais elevado. No segundo experimento, apresentado na Figura 24, temos dois membros da coalizão ($G2$ e $G3$) tendo sua fidelidade (*fairness*) fixado em $F = 0.5$ e, o outro membro ($G1$) teve a variação deste parâmetro. Para cada nível de *fairness* que era atribuído ao negociador $G1$ eram executados 10 experimentos e na sequência calculado o faturamento para este negociador. Ficou evidente que ao aumentar o valor da fidelidade seu faturamento tende a aumentar tendo o ponto de maior faturamento quando $F = 0.8$.

Este foi um cenário de teste que visava evidenciar que o uso de coalizão em um processo de negociação pode ser vantajoso. Como observado as indagações feitas foram respondidas e de acordo com os testes realizados, a formação de coalizões é benéfica tanto para os negociadores que dela fazem parte quanto para a empresa que comprará o produto. Notou-se também que, quanto mais os negociadores membros são fiéis ao acordado mais benefícios os mesmo consegue ao longo das negociações. Demonstrou-se também o impacto da *fairness* para os membros da coalizão e para o ambiente como um todo.

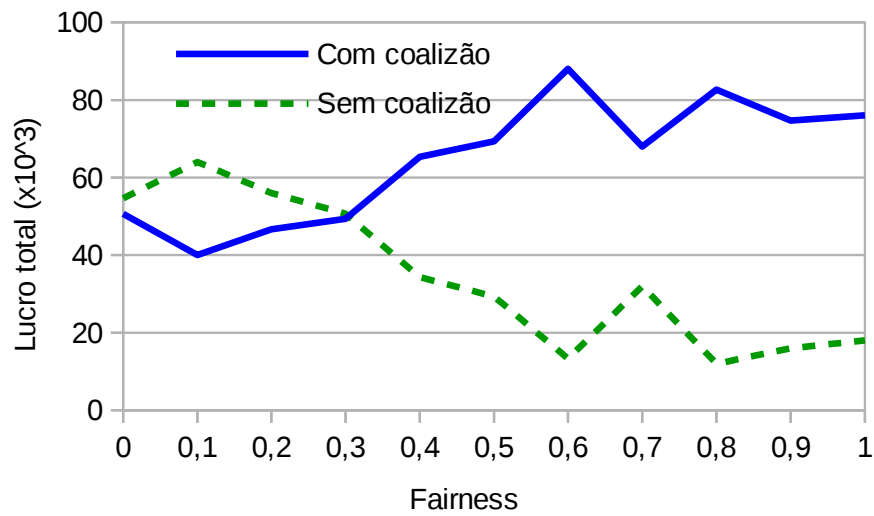


Figura 23 – Lucro total variando o *fairness* de todos os membros

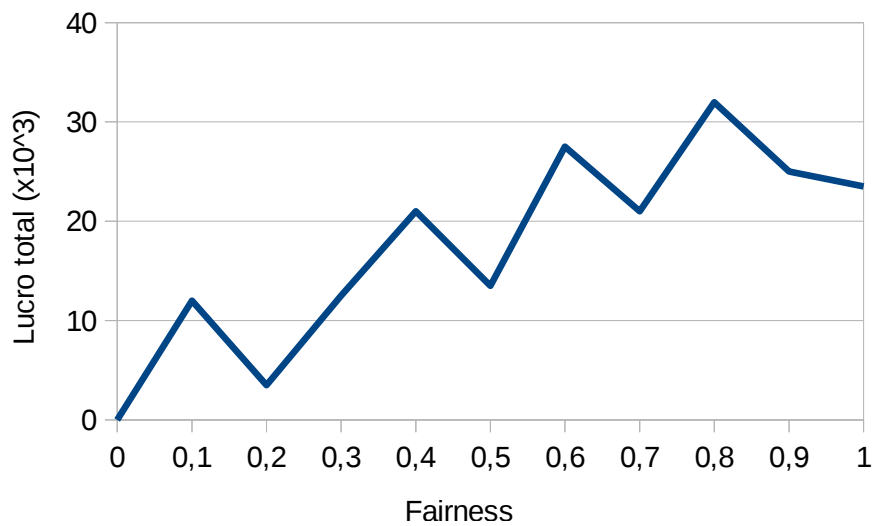


Figura 24 – Lucro total variando o *fairness* de apenas um membro

6.2 Estudo de Caso 2: Inclusão de Agressividade

Esta seção apresenta a implementação de um estudo de caso focado no cenário de negociação de compartilhamento de recursos considerando as variáveis comportamentais propostas anteriormente. Neste cenário serão avaliadas as variáveis comportamentais trabalhando em conjunto.

6.2.1 Cenário de negociação

No cenário proposto para este estudo de caso existe uma empresa de alimentos (FC) que produz granola e precisa comprar uma determinada quantidade de uvas. Para reger a negociação é preparado um modelo de contrato e são convidadas várias fazendas para negociar tal contrato. A indústria é ciente de que na região não existe fazendas com capacidade de fornecer a quantidade total de uvas que ela necessita, mas se mais de uma fornecer é possível que suas necessidades sejam supridas. Assim, em vez de executar um conjunto de barganhas e estabelecer alguns contratos bilaterais, a companhia de alimentos faz um leilão para escolher algumas fazendas que irão assinar um contrato multilateral. Observe que a indústria espera obter uvas mais baratas, colocando todos os potenciais fornecedores para competir (em um leilão) ao invés de barganhar individualmente (sequencialmente ou em paralelo).

Neste cenário existem doze negociadores (fazendas) que podem prover as uvas. A empresa de alimentos está nas margens de um rio. Ele usa seu próprio porto para receber o suprimento, por exemplo, a matéria-prima de que necessita e para dar escoamento a sua produção. Das fazendas de uva que podem prover à indústria, quatro destas estão próximas e estão nas margens do mesmo rio. Então, devido a esta característica geográfica, este grupo de fazendas podem compartilhar um container para transportar as uvas. Note-se que um container pode armazenar a quantidade total de uvas e, se o grupo fornecer junto a quantidade solicitada pela companhia de alimentos, eles podem dividir o custo de transporte por quatro. Se apenas três deles (sendo a quarta fazenda um negociador fora do grupo) fornecerem para a indústria, eles dividirão o mesmo custo por três, e assim por diante. Assim, se a maioria dos membros do grupo ganhar a negociação, seu custo diminuiria e então poderiam oferecer suas uvas mais baratas e, conseqüentemente, alavancar sua competitividade. Portanto, eles formam uma coalizão e, pouco antes da negociação, trocam mensagens de consulta com o objetivo de traçar as estratégias de negociação mais eficazes, maximizando suas chances de ganharem juntos a negociação.

No exemplo de execução aqui proposto, a fase de consulta utiliza dois padrões de consulta distintos: o padrão de sumário de intenções (*Summary of intentions*) e na sequência o padrão de acordo sobre a proposta (*Agreeing on Proposal*). Inicialmente, um dos membros da coalizão inicia o primeiro padrão. Cada membro da coalizão envia ao *Mediador* o preço de venda pretendido (ou seja, o seu valor esperado), considerando seu valor individual como se estivesse fora da coalizão. O *Mediador* sumariza todas as intenções recebidas calculando o valor médio (MV) e o desvio padrão (SD), e transmite o sumário para todo o grupo. Então, na sequência, um dos membros da coalizão propõe algumas rodadas de votação para sondagem de quantos membros iriam aceitar valores menores (uma vez que pretendem compartilhar transporte). Os valores propostos variam em torno da média. Em cada *round* de votação, cada membro da coalizão vota se aceita ou

não o valor proposto. O *Mediador* recebe e faz a contagem dos votos, na sequência envia o resultado para todos os membros da coalizão. Cada membro pode registrar esta série de votações (valor proposto, seu voto e resultado da votação) e usar essa informação dentro da negociação principal. A Figura 25 mostra um exemplo do resultado de uma série de votações. Note que nenhum membro aceitaria vender suas as uvas por \$15724,00; Três, por \$17026,00; Todos eles, iriam aceitar valores superiores a \$17895,00. Portanto, se a indústria propuser o valor de \$17030,00 para as uvas, cada membro considerará que no máximo 3 negociadores dentro da coalizão aceitariam, isto é, até 3 membros vão dividir o custo do transporte compartilhado e tomam sua decisão de acordo com isto. Neste momento a agressividade tem um grande impacto, pois os negociadores que são muito agressivos tendem a aceitar valores mais baixos.

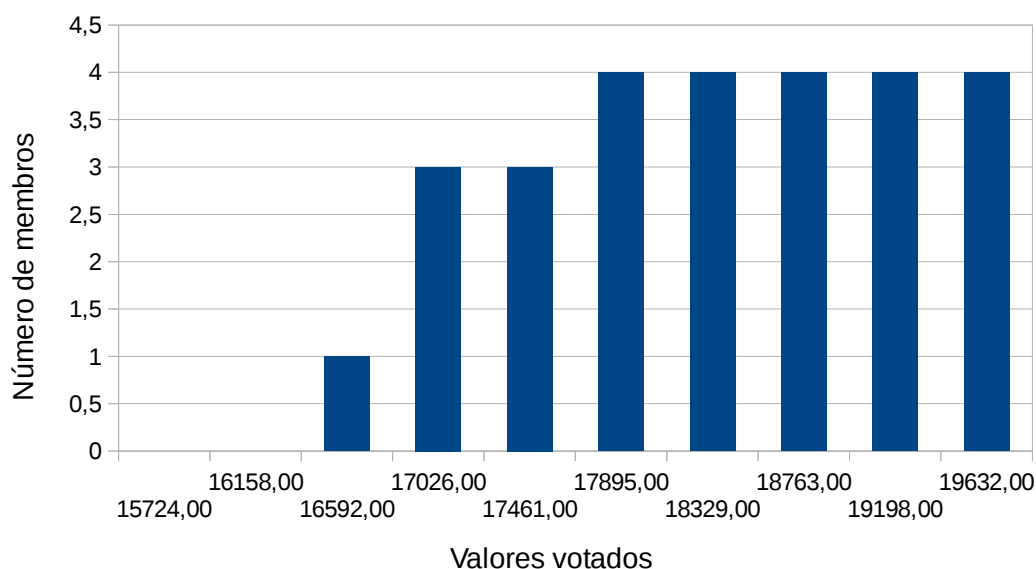


Figura 25 – Uma série de votações (Concordando com a Proposta)

Após a consulta, os membros da coalizão participam da negociação real. Cada um age por si mesmo, no entanto, utilizando as informações obtidas durante a consulta. Nesta fase, tanto a agressividade como a fidelidade afetam a negociação, já que o custo de transporte só será compartilhado se o número de membros que ganharem o leilão for suficiente. Assim, os negociadores estão sujeitos ao risco de comportamento infiel, bem como o risco de heterogeneidade de temperamento (discrepância na agressividade) dos membros da coalizão.

6.2.2 Descrição e configuração dos experimentos

Preparamos os experimentos com objetivo de avaliar como o comportamento dos membros da coalizão afeta cada fase (consulta, negociação real e pós-negociação) no cenário proposto. Nosso objetivo foi verificar se o nosso modelo era capaz de representar o

comportamento comum de um negociador, ou seja, se os resultados do cenário se assemelham aos resultados esperados em negociações semelhantes no mundo real.

Primeiramente, os negociadores são configurados. Todos eles, inclusive aqueles que estão fora da coalizão, são instâncias de uma mesma classe. Eles têm os mesmos parâmetros de configuração que são definidos individualmente, tais como, custos, lucro esperado, agressividade, fidelidade e comprometimento. Os valores para os parâmetros de configuração são gerados aleatoriamente dentro de alguns limites pré-estabelecidos. No entanto, não há variação significativa nos valores de configuração entre os membros da coalizão e os negociadores restantes, exceto a fidelidade e que não se aplica para os não-membros.

Diferentes experimentos foram construídos combinando duas dimensões de configurações: (a) valores de fidelidade e agressividade; (b) o tipo da coalizão. O intervalo de agressividade e de fidelidade é de $[0,1]$. Para tornar as experiências e análises manejáveis, tais valores são restritos a 0; 0,33; 0,66; 1 e combinados de forma a cobrir casos médios e extremos.

Quando consideramos a agressividade podemos classificar as coalizões em dois tipos: *homogênea* e *heterogênea*. O primeiro tipo todos possuem a mesma agressividade. No segundo, os membros possuem as mais variadas agressividades. Em uma coalizão heterogênea, seus membros ainda podem ser divididos em dois grupos com agressividades diferentes. Os membros de cada grupo têm a mesma agressividade. Numa coalizão heterogênea *equilibrada*, cada grupo tem exatamente dois membros. Em contraste, uma coalizão *desequilibrada* tem um grupo com um membro e outro com três. Estas configurações permitem inspecionar vários aspectos comportamentais de coalizões através de experimentação extensiva. Além disso, foram geradas coalizões homogêneas e heterogêneas com relação à agressividade para avaliar o efeito do risco de heterogeneidade de temperamento.

6.2.3 Resultados e análise dos experimentos

Diversos experimentos foram realizados, os dados foram coletados e analisados sob diferentes aspectos. Para cada configuração específica, a consulta ou o leilão foi repetido dez vezes. No total, foram produzidos 64 mapas de calor, a maioria deles não será apresentada, apenas os mais relevantes. Estes experimentos e resultados são apresentados nesta seção.

O primeiro experimento está relacionado à fase de consulta, na qual os membros discutem o preço de venda. Espera-se que o valor combinado (*CV*) para o preço de venda diminua na medida em que a agressividade aumenta. Algumas análises foram apresentadas. Em coalizões homogêneas, analisou-se como o valor combinado muda quando todos os membros da coalizão devem concordar com ele (consenso). A Figura 26 mostra que o valor combinado cai linearmente na medida em que a agressividade aumenta, como

esperado.

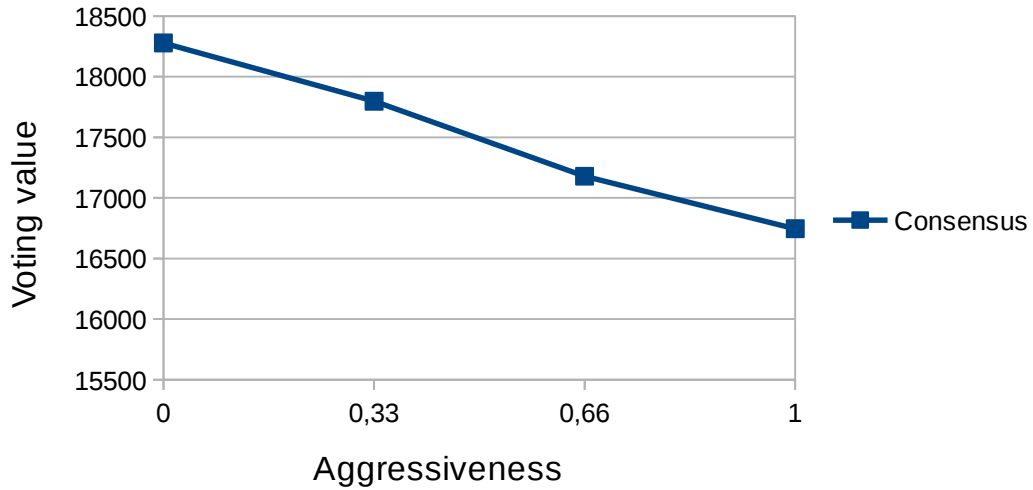


Figura 26 – Comportamento de voto de uma coalizão homogênea

Em coalizões heterogêneas, como as apresentadas na Figura 27 verificou-se a mesma tendência. Nesta figura é descrita a evolução do valor combinado utilizando dois critérios de aprovação para a votação: consenso (todos os membros devem concordar), maioria (a maioria deve concordar). Ambas as curvas progridem conforme esperado: o valor esperado diminui à medida que aumentou a agressividade. A utilização do critério majoritário (maioria) aumenta ainda mais a agressividade do grupo, uma vez que o impacto de um membro menos competitivo é diluído.

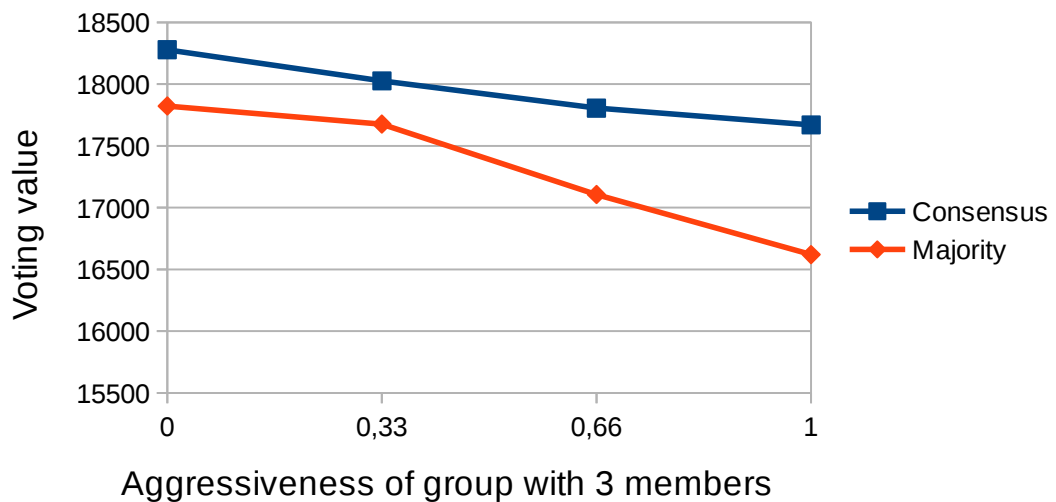


Figura 27 – Majoritário versus voto de consenso coalizão heterogênea desbalanceada

A seguir, ainda se tratando da primeira fase, a de formação da coalizão, serão apresentados alguns mapas de calor onde no eixo X é representado os valores de agressividade para um grupo de membros da coalizão; O eixo Y, para o outro. A Figura 28 apresenta um mapa de calor para uma coalizão equilibrada. Neste é considerado o valor combinado. Observe que este valor é bastante simétrico em relação à diagonal principal: quanto menor a agressividade de ambos os grupos, maior o valor combinado; e o inverso, quanto maior a agressividade, menor o valor combinado.

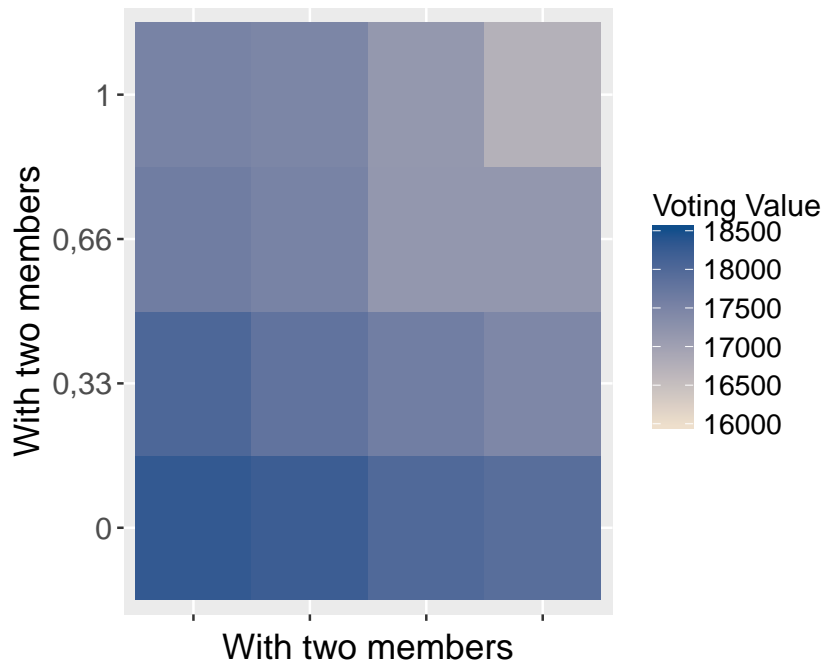


Figura 28 – Preço de venda combinado para coalizões heterogêneas – coalizão balanceada

A Figura 29 mostra o comportamento de uma coalizão desbalanceada. O eixo X representa um grupo de um membro; O eixo Y, um grupo de três membros. Observe que a diagonal segue o mesmo padrão da coalizão equilibrada. Isto se deve ao fato de que todos os membros são definidos com a mesma agressividade. É possível notar que quando a agressividade no eixo Y aumenta, seu impacto sobre o o valor combinado é maior do que o observado quanto ao crescimento da agressividade no eixo X. Isto porque o tamanho do grupo do eixo Y é significativamente maior do que o grupo do eixo X. Nota-se também que o membro sozinho (eixo X) é o menos competitivo de toda a coalizão. Por esta razão, a queda no valor ao longo do eixo X é mais suave. Este membro acaba impedindo que o valor combinado seja menor, pois nesse gráfico é considerada uma votação por consenso, onde todos os membros devem concordar sobre o valor proposto.

O segundo experimento diz respeito à avaliação de como a agressividade e a fidelidade afetam a negociação real. Lembrando que os membros da coalizão usam as informações coletadas durante a consulta, mas eles negociam individualmente. A seguir, são apresentados vários mapas de calor. Eles são semelhantes aos apresentados no experi-

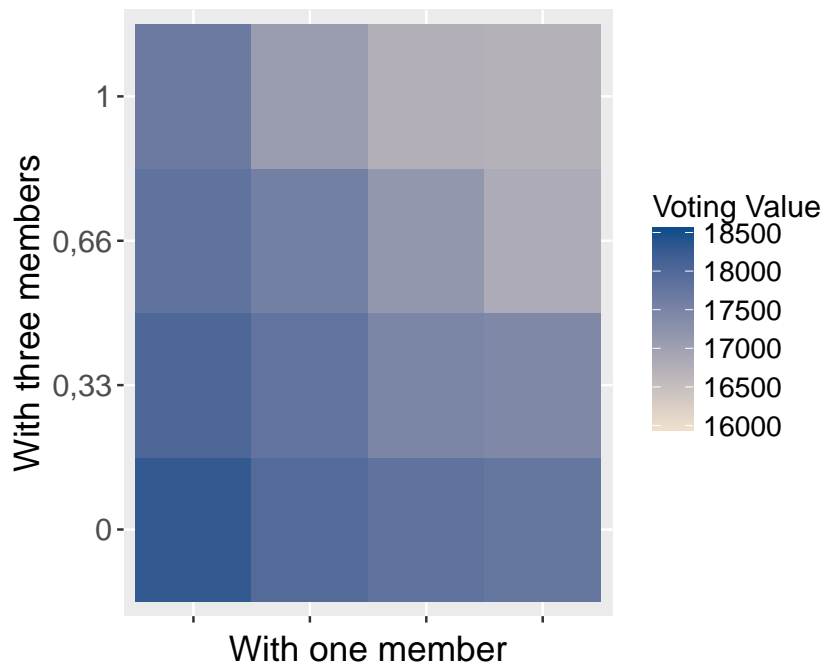


Figura 29 – Preço de venda combinado para coalizões heterogêneas – coalizão desbalanceada

mento anterior, no entanto, cada um diz respeito a uma fidelidade específica. Cada célula exibe o faturamento total obtido pela coalizão sob uma configuração específica após vários leilões.

Nas Figuras 30a, 30b, 30c, 30d, 31 fica muito claro que, ao aumentar a agressividade: (a) as vendas também aumentam, mesmo à custa de diminuir o valor de venda; (b) a frequência com que o negociador ganha os leilões é maior como demonstrado na Figura 31. Do mesmo modo, pode-se notar que, aumentando a fidelidade: (a) os preços de venda são mais baixos; (b) os membros da coalizão ganham mais leilões; (c) os membros da coalizão têm receitas mais elevadas, como podemos notar na Figura 30d onde todos os pontos são mais escuros do que os da Figura 30a. Outro aspecto que pode ser observado é que o valor do faturamento aumenta rapidamente ao longo do eixo Y, e mais lentamente ao longo do eixo X. Isso acontece porque o negociador que está no eixo X é o membro menos competitivo. Isto fica totalmente claro na Figura 30d quando o grupo com três membros tem a agressividade em 0 e o membro do outro grupo está aumentando sua agressividade, a receita do membro que está sozinho permanece praticamente inalterada.

Na sequência, é avaliado o impacto da fidelidade dentro da coalizão, considerando então o lucro líquido. As Figuras a seguir, de 33a à 33d, apresentam o lucro líquido para cada membro da coalizão sendo esta homogênea, variando ambos, tanto a fidelidade quanto a agressividade. Analisando essas figuras, pode-se notar que, entre os membros da coalizão, existe naturalmente alguns mais competitivos (por exemplo, $N2$) e outros menos competitivos (por exemplo $N3$). Um fator interessante que pode ser observado na

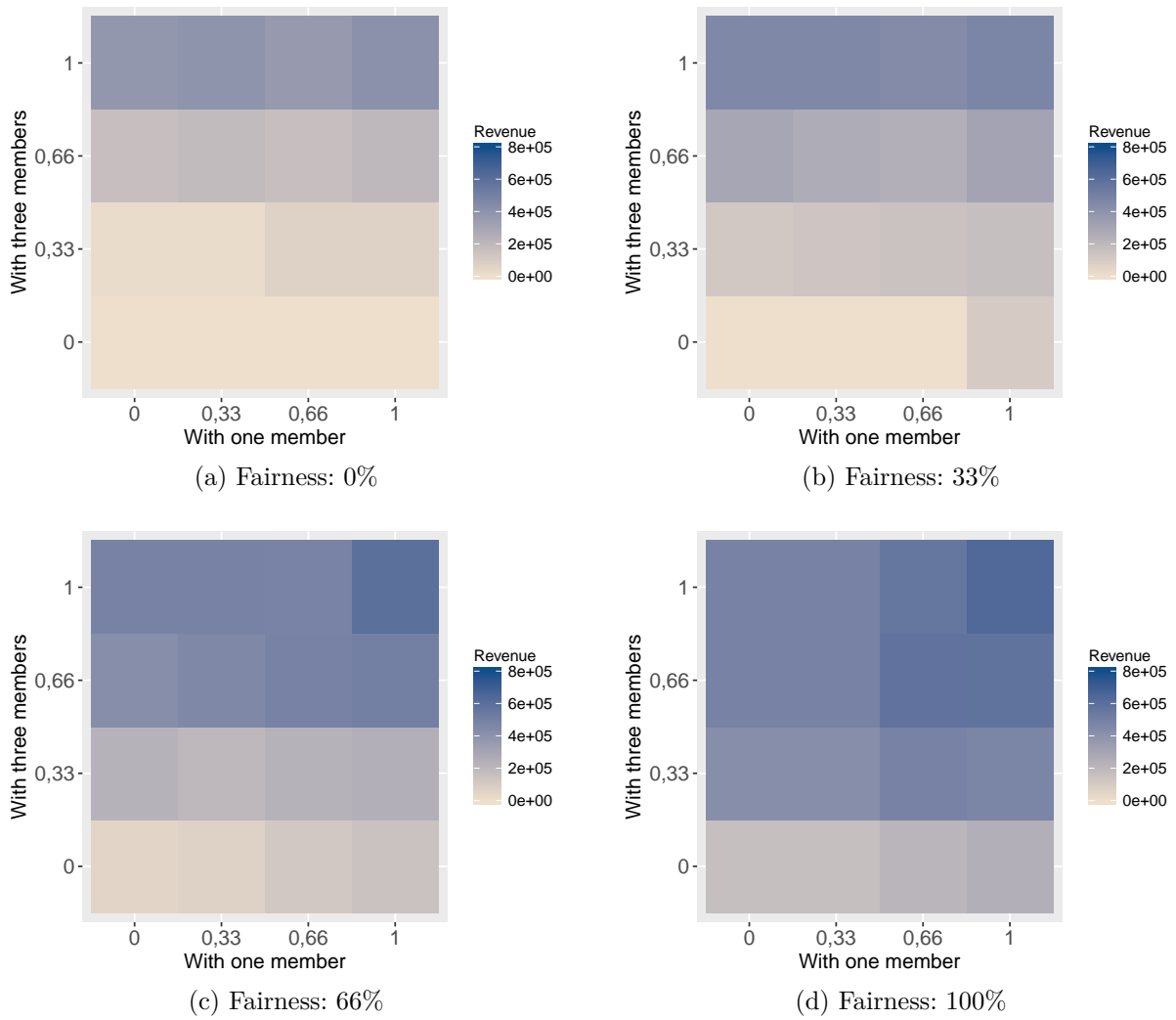


Figura 30 – Mapas de calor de faturamento para coalizão deslançada

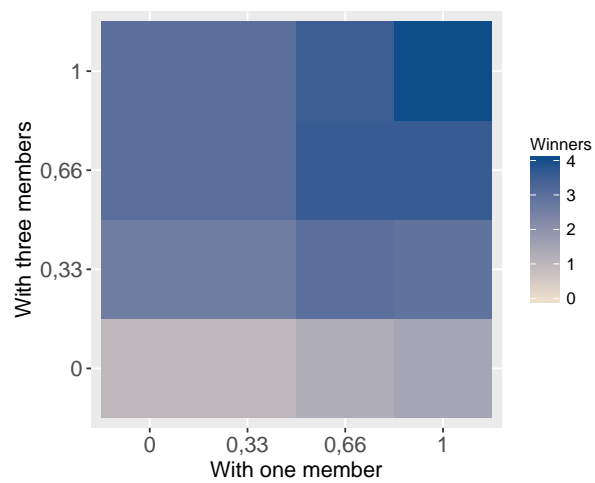


Figura 31 – Número de membros que venceram o leilão (Fairness=1.0)

Figura 33c: Quando N_2 tem sua fidelidade $F = 0$ apresenta um lucro maior do que com $F = 0,33$. Isso ocorre porque quando $F = 0,33$, o N_2 tem uma “maior convicção” de que

os custos de transporte serão compartilhados e acaba por baixar seu preço. Entretanto, nesta configuração, no máximo, dois membros da coalizão ganham simultaneamente o leilão como podemos ver na Figura 31. Outro comportamento que podemos observar é que quanto maior a fidelidade e a agressividade maior o lucro de todos os membros da coalizão, por exemplo, na Figura 33d todos os membros da coalizão aumentaram seus lucros. Por fim, quando analisados os resultados pode-se notar que nosso modelo foi capaz de representar os resultados esperados dos comportamentos comuns dos negociadores no cenário proposto, o que corrobora que o modelo pode ser útil em outras situações também.

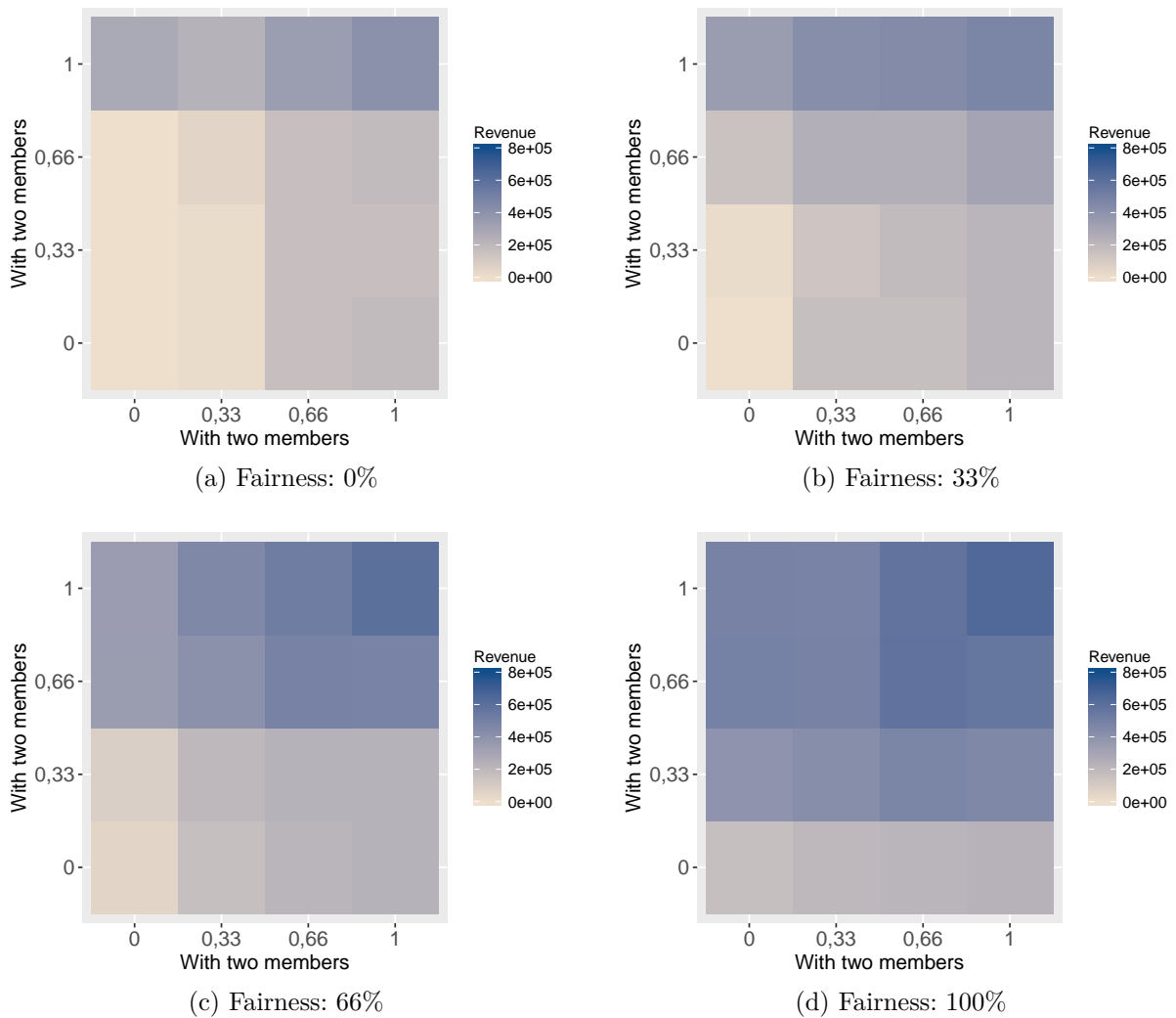


Figura 32 – Mapas de calor de faturamento para coalizão balanceada

Este capítulo apresentou a execução de experimentos em ambiente de negociação automática de contratos multilaterais. Estes experimentos avaliaram a eficiência do modelo proposto, demonstrando que as variáveis comportamentais refletem o comportamento esperado do mundo real. O próximo capítulo apresenta a conclusão do trabalho e os trabalhos futuros a serem realizados.

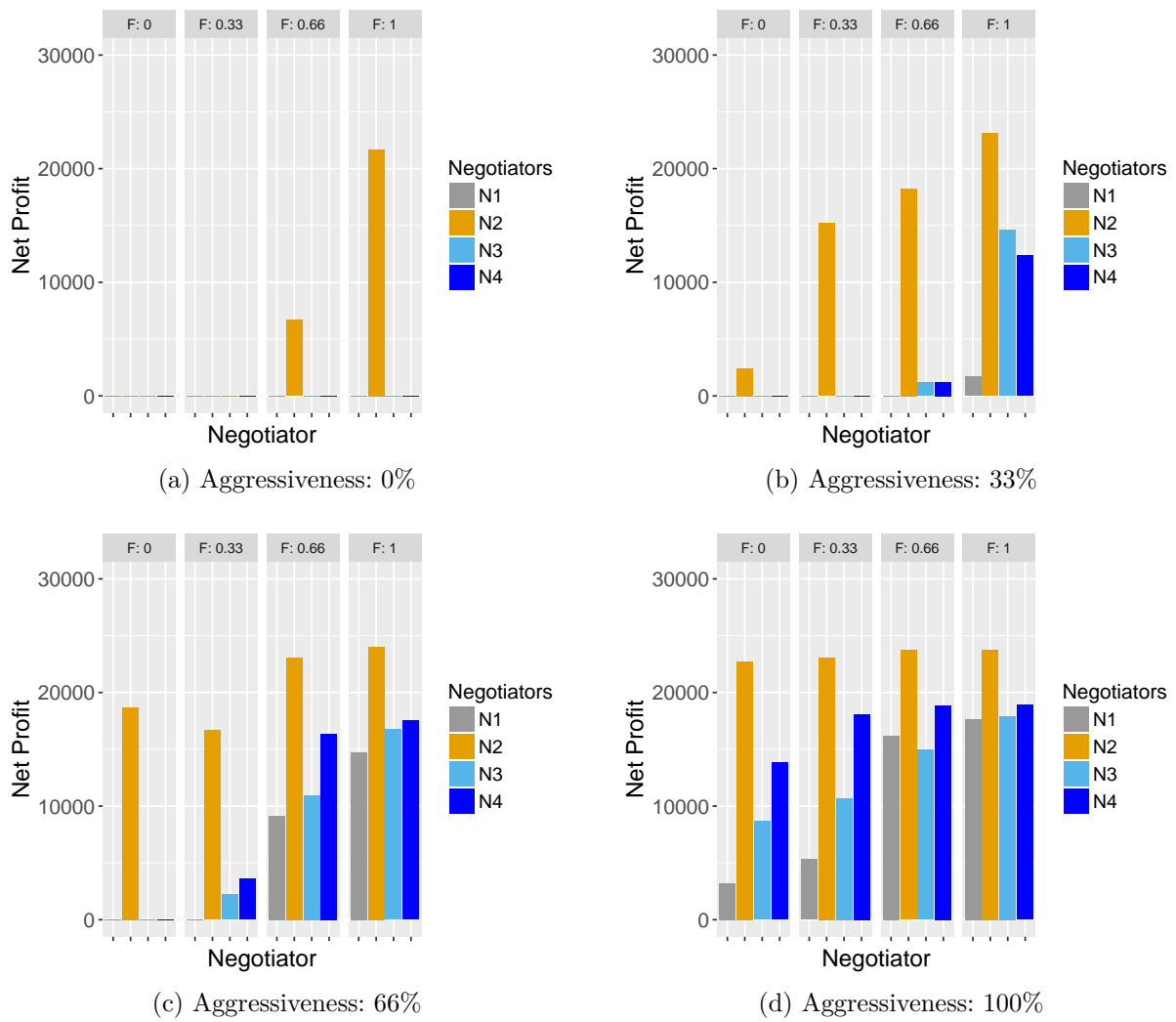


Figura 33 – Lucro líquido da coalizão

7 CONCLUSÃO

Com o aumento da demanda de ferramentas que auxiliem na tomada de decisão em cadeias produtivas, o trabalho aqui propôs a utilização de *framework* para negociação automática de contratos tendo como base o uso de coalizões, que são uma realidade em cadeias produtivas e podem trazer benefícios para o ambiente de uma maneira geral.

Para que seja possível operacionalizar as negociações automáticas tendo como grande foco as coalizões, faz-se o uso de sistemas multiagentes que trabalham de maneira autônoma. Essas coalizões podem ser formadas de duas maneiras distintas. A primeira é a *offline*, nesta os agentes se organizam previamente e na negociação principal agem conforme o combinado. O foco está então na negociação principal. A segunda é a abordagem *online*, nesta os negociadores buscam se organizar durante o processo de negociação. A maioria dos trabalhos focam nas coalizões *online*, embora seja um problema relevante, foi percebido que existiam muitas questões em aberto a serem respondidas quando tratamos as coalizões de maneira mais ampla em negociação automática.

7.1 Resumo das Contribuições

A *primeira principal contribuição* da dissertação é um modelo comportamental baseado em riscos para coalizões de negociadores em negociações automáticas.

Primeiramente, foram identificadas e descritas as características peculiares das coalizões, tais como: se a coalizão é *binding* ou não, se o objeto da coalizão é *direto* ou *indireto*. A seguir, foram identificados e descritos diversos cenários que podem motivar a formação de coalizões. Estes cenários foram organizados em três grupos: compartilhamento de recurso, divisão de quotas, atribuição de valores a propriedades de interesse. Procurou-se fazer uma identificação abrangente e completa de tais cenários. Por isso, estes cenários também são uma contribuição intermediária da dissertação. A partir dos cenários descritos foram derivados diversos padrões de coalizão. Os padrões apresentam as mais variadas características e formas de realização, em muitas delas os negociadores envolvidos estão sujeitos a riscos. Estes riscos fazem parte do processo de negociação quando estes envolvem coalizões. Cada um desses riscos impacta em uma ou mais fases do processo de negociação. Vale ressaltar que coalizões são “cidadãos de primeira-classe” no processo de negociação. Os cenários, os padrões e a descrição dos riscos também são contribuições intermediárias da dissertação.

A *segunda principal contribuição* deste trabalho é a proposta e implementação de um modelo básico de negociador capaz de atuar em coalizões dentro do *framework SPICA*. Este é um negociador de referência cujo modelo de tomada de decisões se baseia em uma

tabela de decisões simples e usa explicitamente as variáveis comportamentais propostas (*fairness*, *agressiveness* e *commitment*). Vale observar que outros possíveis modelos de tomada decisão podem prescindir do uso explícito de tais variáveis, mas o referido comportamento estará de uma forma ou de outra contemplado pelo modelo de decisão. Por exemplo, mesmo usando a tabela de decisão, poder-se-ia modelar o comportamento agressivo diretamente na configuração da tabela de decisão, sem incluir a variável explicitamente no modelo de decisão. Ao combinar essas variáveis, é possível se obter negociadores com os mais variados perfis de comportamento.

A *terceira principal contribuição* é a implementação de ambiente de execução, simulação e experimentação no contexto de negociação automática de contratos com coalizões de negociadores. Utiliza como base o *framework SPICA*, e proporciona uma forma de simular e realizar negociações entre negociadores das mais diversas características. As mensagens trocadas pelos negociadores durante o processo de negociação são armazenadas em registros (*logs*) podendo constituir uma base de dados para auditorias e, ao nível de pesquisa, para trabalhos futuros.

Para avaliar as contribuições, foram realizados alguns experimentos. Eles buscaram avaliar a eficiência do modelo para negociadores utilizando coalizões. Os experimentos realizados demonstraram que as variáveis comportamentais refletem o comportamento esperado do mundo real.

7.2 Trabalhos Futuros

Com esta modelagem e arquitetura construída abre-se então um leque de possibilidades para trabalhos futuros. Eles podem ser agrupados em três eixos principais: tomada de decisão, treinamento de negociadores, avaliação de negociadores.

O *framework SPICA* está preparado para registrar (em *logs*) todas as mensagens trocadas durante o processo de negociação. Algumas dessas mensagens podem ser consideradas públicas, permitindo que trechos de registros de negociação sejam divulgados para quem se interessar por eles. A análise desses registros pode permitir classificar os negociadores segundo as três variáveis comportamentais propostas nesta dissertação (i.e., agressividade, fidelidade, comprometimento). Esta classificação poderia ajudar um negociador em sua *tomada de decisão*. Por exemplo, sabendo o perfil do membro de uma coalizão, um negociador poderia decidir se toma parte de tal coalizão. Além disso, o mesmo mecanismo de classificação pode ser empregado a negociadores que não fazem parte de uma coalizão para classificá-los segundo suas *agressividades* e levar tal informação em consideração durante a negociação.

O *framework SPICA* também está preparado para gerar configurações de negociadores de diferentes perfis comportamentais. Assim, facilmente podem ser criados diferentes

setups, com diferentes misturas “comportamentais”. Um negociador específico pode usar estes diversos *setups* para seu *treinamento*.

Por fim, esses diversos *setups* podem ser usados para a *avaliação de negociadores*. Cada negociador “candidato” pode ser submetido a cada *setup* para ter seu desempenho avaliado. Além disso, a infraestrutura pode ser estendida para albergar competições de negociação.

REFERÊNCIAS

- [1] BACCARIN, E. *Negociação automática de contratos multi-laterais em cadeias produtivas agropecuárias*. Tese (Doutorado), 2009. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=000479677>>.
- [2] FONSECA, H. P. d. S. da. Tac supply chain management-autonomous negotiation in a supply chain. 2014.
- [3] FANG, F. et al. A multi-lateral negotiation protocol for buyer-seller negotiation in supply chain management. In: *Information and Automation, 2008. ICIA 2008. International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 253–258.
- [4] BEAM, C.; SEGEV, A. et al. Electronic catalogs and negotiations. *Fisher Center for Information Technology and Management Working Paper*, Citeseer, 1996.
- [5] BACCARIN, E. et al. Spica's multi-party negotiation protocol: Implementation using yawl. *International Journal of Cooperative Information Systems*, World Scientific, v. 20, n. 03, p. 221–259, 2011.
- [6] PELETEIRO, A. *Dynamic Coalition Formation Mechanisms for Enacting and Sustaining Cooperation in Multi-agent Systems (MAS)*. Tese (Doutorado) — University of Vigo, 2014.
- [7] KERSTEN, G. E.; VAHIDOV, R.; GIMON, D. Concession-making in multi-attribute auctions and multi-bilateral negotiations: Theory and experiments. *Electronic Commerce Research and Applications*, v. 12, n. 3, p. 166 – 180, 2013. ISSN 1567-4223. Negotiation and E-Commerce. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567422313000136>>.
- [8] BARTOLINI, C.; PREIST, C.; JENNINGS, N. R. A software framework for automated negotiation. In: _____. *Software Engineering for Multi-Agent Systems III: Research Issues and Practical Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005. p. 213–235. ISBN 978-3-540-31846-0. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-31846-0_13>.
- [9] INDRAWAN, M. et al. Coalition formation protocol for e-commerce. In: IEEE. *Intelligent Sensing and Information Processing, 2004. Proceedings of International Conference on*. [S.l.], 2004. p. 403–408.
- [10] HORLING, B.; LESSER, V. A survey of multi-agent organizational paradigms. *The Knowledge Engineering Review*, v. 19, p. 281–316, 12 2004. ISSN 1469-8005. Disponível em: <http://journals.cambridge.org/article_S0269888905000317>.
- [11] CHIU, D. K. et al. Developing e-negotiation support with a meta-modeling approach in a web services environment. *Decision Support Systems*, v. 40, n. 1, p. 51 – 69, 2005. ISSN 0167-9236. Web services and process management. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923604000636>>.

- [12] JENNINGS, N. et al. Automated negotiation: Prospects, methods and challenges. *Group Decision and Negotiation*, v. 10, n. 2, p. 199–215, 2001. ISSN 1572-9907. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1023/A:1008746126376>>.
- [13] WOOLDRIDGE, M. Agent-based software engineering. *IEE Proceedings - Software Engineering*, v. 144, n. 1, p. 26–37, Feb 1997. ISSN 1364-5080.
- [14] ASSOCIATION, I. R. M. *Electronic Services: Concepts, Methodologies, Tools and Applications 3Vol.* 1st. ed. Hershey, PA: Information Science Reference - Imprint of: IGI Publishing, 2010. ISBN 1615209670, 9781615209675.
- [15] GHAZIKHANI, A.; MASHADI, H. R.; MONSEFI, R. A novel algorithm for coalition formation in multi-agent systems using cooperative game theory. In: *2010 18th Iranian Conference on Electrical Engineering*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 512–516. ISSN 2164-7054.
- [16] YU, F.; KAIHARA, T.; FUJII, N. Coalition formation based multi-item multi-attribute negotiation of supply chain networks. *Procedia CIRP*, v. 7, p. 85 – 90, 2013. ISSN 2212-8271. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827113002229>>.
- [17] ALGARVIO, H.; LOPES, F.; SANTANA, J. Multi-agent retail energy markets: Contract negotiation, customer coalitions and a real-world case study. In: *Advances in Practical Applications of Scalable Multi-agent Systems. The PAAMS Collection*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 13–23.
- [18] LOPES, F. et al. Multi-agent simulation of bilateral contracting in competitive electricity markets. In: *2014 25th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 131–135. ISSN 1529-4188.
- [19] VIJ, S. R. et al. An e-negotiation agent using rule based and case based approaches: A comparative study with bilateral e-negotiation with prediction. *Journal of Software Engineering and Applications*, Scientific Research Publishing, v. 8, n. 10, p. 521, 2015.
- [20] REN, F.; ZHANG, M. Bilateral single-issue negotiation model considering nonlinear utility and time constraint. *Decision Support Systems*, v. 60, p. 29 – 38, 2014. ISSN 0167-9236. Automated Negotiation Technologies and their Applications. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923613001668>>.
- [21] ILANY, L.; GAL, Y. Algorithm selection in bilateral negotiation. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, v. 30, n. 4, p. 697–723, 2016. ISSN 1573-7454. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10458-015-9302-8>>.
- [22] LIN, R. et al. Genius: An integrated environment for supporting the design of generic automated negotiators. *Computational Intelligence*, Wiley Online Library, v. 30, n. 1, p. 48–70, 2014.
- [23] BRZOSTOWSKI, J.; WACHOWICZ, T. Negomanage: A system for supporting bilateral negotiations. *Group Decision and Negotiation*, v. 23, n. 3, p. 463–496, 2014. ISSN 1572-9907. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10726-013-9362-6>>.

- [24] SHAKUN, M. F. Multi-bilateral multi-issue e-negotiation in e-commerce with a tit-for-tat computer agent. *Group Decision and Negotiation*, v. 14, n. 5, p. 383–392, 2005. ISSN 1572-9907. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10726-005-8353-7>>.
- [25] KERSTEN, G. E. Procurement auctions: Improving efficient winning bids through multi-bilateral negotiations. In: _____. *Outlooks and Insights on Group Decision and Negotiation: 15th International Conference, GDN 2015, Warsaw, Poland, June 22-26, 2015, Proceedings*. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 403–416. ISBN 978-3-319-19515-5. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-19515-5_32>.
- [26] KERSTEN, G. E.; GIMON, D. Multi-bilateral negotiations and multi-attribute reverse auctions: an experimental study of concession-making. In: CITESEER. *Federated Conference on Computer Science and Information Systems, Wrocław, ACM*. [S.l.], 2012.
- [27] WONG, T.; FANG, F. A multi-agent protocol for multilateral negotiations in supply chain management. *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, v. 48, n. 1, p. 271–299, 2010.
- [28] HEMAISIA, M. et al. A multilateral multi-issue negotiation protocol. In: *Proceedings of the 6th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*. New York, NY, USA: ACM, 2007. (AAMAS '07), p. 155:1–155:8. ISBN 978-81-904262-7-5. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1329125.1329314>>.
- [29] FUJITA, K.; ITO, T.; KLEIN, M. A secure and fair protocol that addresses weaknesses of the nash bargaining solution in nonlinear negotiation. *Group Decision and Negotiation*, v. 21, n. 1, p. 29–47, 2012. ISSN 1572-9907. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10726-010-9194-6>>.
- [30] CAILLERE, R. et al. A multiagent multilateral negotiation protocol for joint decision-making. In: _____. *Recent Advances in Agent-based Complex Automated Negotiation*. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 71–88. ISBN 978-3-319-30307-9. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-30307-9_5>.
- [31] KLENK, A. et al. Iterative multi-party agreement negotiation for establishing collaborations. *Service Oriented Computing and Applications*, v. 6, n. 4, p. 321–335, 2012. ISSN 1863-2394. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11761-012-0119-x>>.
- [32] SZAPIRO, T.; SZUFEL, P. Simulated negotiation outcomes through recommendation crowding. *Group Decision and Negotiation*, v. 23, n. 3, p. 443–461, 2014. ISSN 1572-9907. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10726-013-9364-4>>.
- [33] BACARIN, E.; MADEIRA, E. R.; MEDEIROS, C. B. Contract e-negotiation in agricultural supply chains. *International Journal of Electronic Commerce*, v. 12, n. 4, p. 71–98, 2008.
- [34] ARGONETO, P.; RENNA, P. Production planning, negotiation and coalition integration: A new tool for an innovative e-business model. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 26, n. 1, p. 1 – 12, 2010. ISSN 0736-5845. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584509000052>>.

- [35] ZHANG, B.; JOHARI, R.; RAJAGOPAL, R. Competition and coalition formation of renewable power producers. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 30, n. 3, p. 1624–1632, May 2015. ISSN 0885-8950.
- [36] GAL, K. Y.; ILANY, L. The fourth automated negotiation competition. In: _____. *Next Frontier in Agent-based Complex Automated Negotiation*. Tokyo: Springer Japan, 2015. p. 129–136. ISBN 978-4-431-55525-4. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-55525-4_8>.
- [37] FUJITA, K. et al. *Next Frontier in Agent-based Complex Automated Negotiation*. [S.l.]: Springer, 2015. v. 596.
- [38] FATIMA, S.; MICHALAK, T. P.; WOOLDRIDGE, M. Power and welfare in bargaining for coalition structure formation. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, v. 30, n. 5, p. 899–930, 2016. ISSN 1573-7454. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10458-015-9310-8>>.
- [39] KUMAR, K. Technology for supporting supply chain management: Introduction. *Commun. ACM*, ACM, New York, NY, USA, v. 44, n. 6, p. 58–61, 2001. ISSN 0001-0782. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/376134.376165>>.
- [40] MIN, H.; ZHOU, G. Supply chain modeling: past, present and future. *Computers & industrial engineering*, Elsevier, v. 43, n. 1, p. 231–249, 2002.
- [41] Developing and integrating enterprise componentes and services. communications. *Commun. ACM*, ACM, New York, NY, USA, v. 45, n. 10, p. 30–34, out. 2002. ISSN 0001-0782. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/570907.570927>>.
- [42] BACARIN, E.; MEDEIROS, C. B.; MADEIRA, E. A collaborative model for agricultural supply chains. In: _____. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2004: CoopIS, DOA, and ODBASE: OTM Confederated International Conferences, CoopIS, DOA, and ODBASE 2004, Agia Napa, Cyprus, October 25-29, 2004. Proceedings, Part I*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 319–336. ISBN 978-3-540-30468-5. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-30468-5_21>.
- [43] RYUTOV, T. et al. Establishing agreements in dynamic virtual organizations. In: *Workshop of the 1st International Conference on Security and Privacy for Emerging Areas in Communication Networks, 2005*. [S.l.: s.n.], 2005. p. 90–99.
- [44] BACARIN, E.; MADEIRA, E. R. M.; MEDEIROS, C. Assembling and managing virtual organizations out of multi-party contracts. In: _____. *Enterprise Information Systems: 11th International Conference, ICEIS 2009, Milan, Italy, May 6-10, 2009. Proceedings*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 758–769. ISBN 978-3-642-01347-8. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-01347-8_63>.
- [45] AVILA-SANTOS, A. P. et al. Building coalitions of competitors in the negotiation of multiparty e-contracts through consultations. In: *ICEIS 2015 - Proceedings of the 17th International Conference on Enterprise Information Systems, Volume 2, Barcelona, Spain, 27-30 April, 2015*. [s.n.], 2015. p. 618–625. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5220/0005372506180625>>.

TRABALHOS PUBLICADOS PELO AUTOR

Trabalhos publicados pelo autor durante o programa.

Publicações principais do trabalho.

1. SANTOS, ANDERSON PAULO AVILA; KASTER, DANIEL DOS SANTOS ; BACCARIN, EVANDRO. **Coalitions in Agricultural Supply Chains: A Behavioral Approach in Multi-party Automated Contract Negotiation**. In: 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI), 2017, Thessaloniki. 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI), 2017. p. 339., (Qualis CC 2016, B1)
2. AVILA-SANTOS, ANDERSON P.; HULSE, JHONATAN; KASTER, D. S.; BACCARIN, EVANDRO, **Building Coalitions of Competitors in the Negotiation of Multiparty e-Contracts through Consultations**, 17th International Conference on Enterprise Information Systems, 2015, Proceedings of the 17th International Conference on Enterprise Information Systems, p. 618., (Qualis CC 2016, B2)

Publicações complementares.

1. AVILA-SANTOS, A. P. ; KASTER, D. S. ; BACCARIN, E. ; NEGREIROS, L. F. ; VIEIRA, S. F. A., **Sistema Integrado de Custo Municipal: uma Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão pelo Gestor Público**, XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, 2015, Goiânia, GO. Anais do SBSI 2015. Porto Alegre: SBC - Sociedade Brasileira de Computação, 2015. v. 1. p. 651-658., (Qualis CC 2016, B2)