



Universidade Federal do Rio de Janeiro

PAULA BALLARD DA FONSECA GENTIL

**MODELO DE OBSERVAÇÃO DA  
COLABORAÇÃO BASEADO EM  
ONTOLOGIAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**



Instituto de Matemática



Instituto Tércio Pacitti de Aplicações  
e Pesquisas Computacionais

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA  
INSTITUTO TÉRCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISAS COMPUTACIONAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

PAULA BALLARD DA FONSECA GENTIL

## MODELO DE OBSERVAÇÃO DA COLABORAÇÃO BASEADO EM ONTOLOGIAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática e Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Maria Luiza Machado Campos, Ph.D

Co-orientador: Prof. Marcos Roberto da Silva Borges, Ph.D

RIO DE JANEIRO  
2014

### CIP - Catalogação na Publicação

G338m      Gentil, Paula Ballard da Fonseca  
Modelo de observação da colaboração baseado em ontologias / Paula Ballard da Fonseca Gentil. -- Rio de Janeiro, 2014.  
134 f.

Orientadora: Maria Luiza Machado Campos.  
Coorientador: Marcos Roberto da Silva Borges.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Programa de Pós-Graduação em informática, 2014.

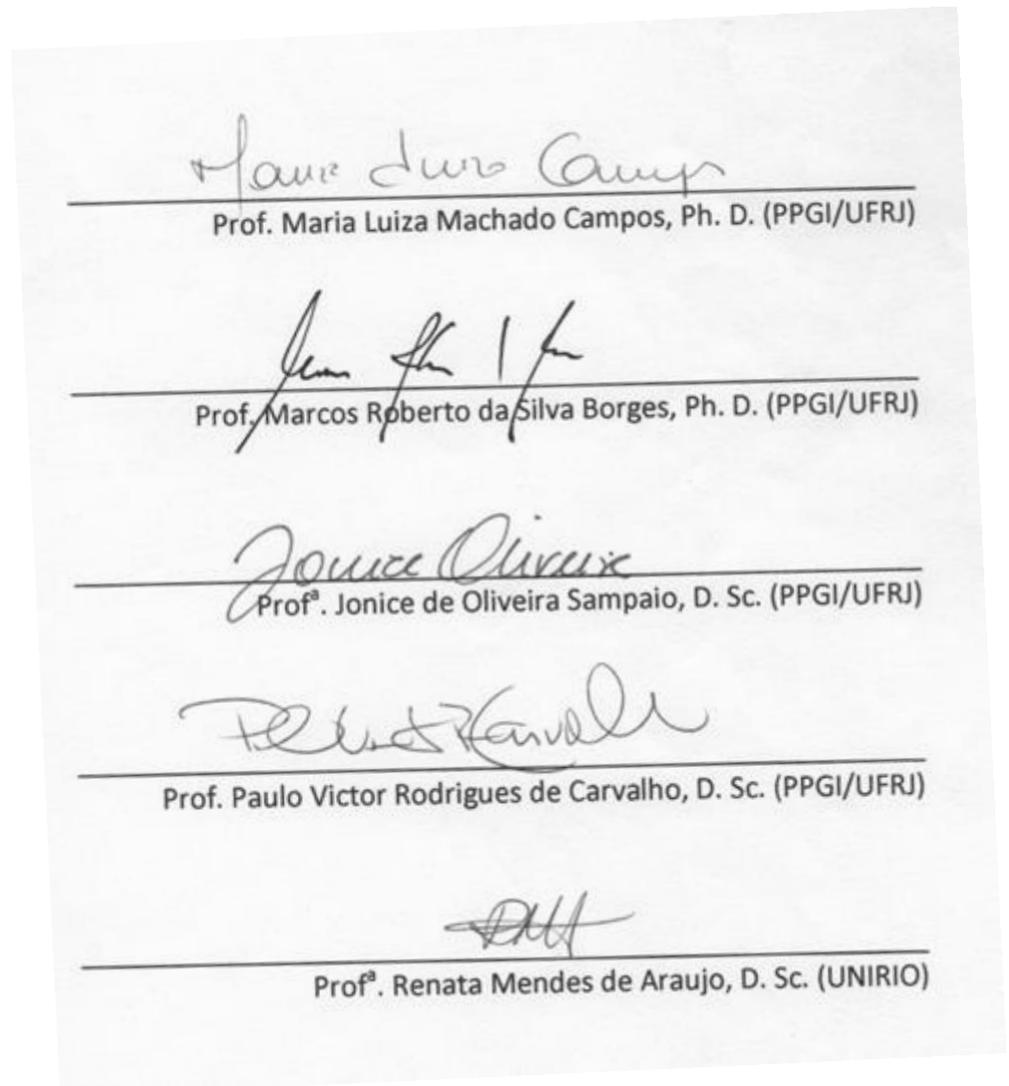
1. Colaboração. 2. Modelo de Observação. 3. Modelo Conceitual. 4. Ontologia de Fundamentação .  
I. Campos, Maria Luiza Machado, orient. II. Borges, Marcos Roberto da Silva , coorient. III. Título.

PAULA BALLARD DA FONSECA GENTIL

## MODELO DE OBSERVAÇÃO DA COLABORAÇÃO BASEADO EM ONTOLOGIAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática e Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Informática.

Aprovada em: Rio de Janeiro, 1<sup>o</sup> de dezembro de 2014.



Aos meus pais, ao meu marido e à minha filha,  
pelo apoio durante a realização deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido realizar e concluir esse trabalho.

A conclusão desse Mestrado juntamente com o meu trabalho foi um grande desafio. Em alguns momentos cheguei a pensar que não conseguiria chegar ao final, porque além de desempenhar as atividades do trabalho e de estudante de Mestrado, também não pude deixar de lado a minha casa, dando toda a atenção possível ao meu marido e à minha filha. Em alguns momentos acho que fui um pouco ausente com a minha família.

Obrigada ao meu marido Mauro Gentil, que em alguns momentos atuou como pai e mãe. Seu carinho e compreensão foram essenciais para mim e para minha querida filha. Obrigada por me auxiliar na revisão dos textos. Obrigada pelo seu apoio em momentos que foram muito difíceis para você mesmo. Obrigada pela sua ajuda incondicional e por estar sempre tão presente no meu dia a dia.

Obrigada a minha filha, Letícia Maria, por entender a minha ausência. Obrigada pela sua compreensão. Obrigada por tornar os meus dias sempre mais alegres. O seu sorriso é a razão da minha vida hoje e sempre. A minha vida se tornou muito mais completa após o seu nascimento.

Obrigada aos meus pais, que me ensinaram a caminhar com meus próprios passos, que me ensinaram a persistir e a nunca desistir dos sonhos. Foi com eles que aprendi a tentar sempre fazer o melhor possível. A minha mãe sempre me ensinou a pensar de forma positiva e a acreditar nos sonhos porque tudo sempre pode ser possível quando realmente acreditamos. E o meu pai sempre me ensinou a ter calma, para saber esperar o momento certo. São pessoas muito especiais e que sempre estiveram presentes em toda a minha vida, ajudando na minha caminhada.

Obrigada aos meus orientadores, Maria Luiza e Marcos Borges, pela paciência em ouvir e discutir as infundáveis dúvidas. Obrigada por acreditar neste trabalho, mais do que eu mesma, e principalmente obrigada por acreditar em mim. À professora Maria Luiza, pela extrema competência na orientação deste trabalho, pela disponibilidade e atenção, sempre presente nos momentos mais difíceis. Obrigada por me ajudar a definir o tema da minha dissertação. Ao professor Marcos Borges, obrigada pelos seus comentários sempre muito pertinentes, nas horas em que estava me sentindo perdida. A dedicação de ambos à carreira acadêmica é admirável.

Obrigada aos meus chefes da Marinha do Brasil que me deram força no trabalho e que permitiram a realização do Mestrado, entendendo as minhas ausências: CMG Claudio, CMG Olavo, CMG Silva Araújo, CMG Quadra, CF Assumpção e CF Almeida Nunes. Obrigada ao amigo Danton, que me ajudou quando pensei em desistir do Mestrado, me convencendo que apesar de todas as dificuldades, conseguiria terminar esse trabalho. Obrigada pela força

e pela paciência. O seu apoio foi fundamental para que pudesse dar continuidade ao meu trabalho. Obrigada à amiga Glória, pela sua experiência e força, e por me ajudar com seus conselhos sempre valiosos. Obrigada ao amigo CC Renato, que me ajudou quando estava executando muitas tarefas em paralelo e que sempre me transmitiu calma nos momentos em que mais precisei. Obrigada à amiga CC Kelli pelas dicas para a realização do processo seletivo para o Mestrado e pela sua disponibilidade em me ajudar no que fosse preciso.

Obrigada aos professores que aceitaram o convite de fazer parte da minha banca de defesa da Dissertação de Mestrado: Joice de Oliveira Sampaio, Paulo Victor Rodrigues de Carvalho e Renata Mendes de Araújo.

Obrigada aos meus colegas de Mestrado, Patrícia Zudio, Mariam Afonso, Bianca Lima, Rogério Angelis e Rosane Sfair, com os quais pude dividir experiências durante o período de conclusão das disciplinas. Obrigada Bruna Diirr pela ajuda no segundo experimento e pelas suas observações muito pertinentes.

Obrigada pelo apoio do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro. Obrigada ao Major BM Tiago Viana Leal e ao Sub-Tenente Aloísio Moreira Caldas que tornaram possível a realização do experimento.

Obrigada a todos os alunos do Grupo de Engenharia do Conhecimento e aos alunos de Sistemas de Informação do Prof. Marcos Borges que ajudaram nos experimentos realizados.

*Não basta saber,  
é também preciso aplicar;  
não basta querer,  
é preciso também agir.*

*Johann Goethe*

## RESUMO

Gentil, Paula Ballard da Fonseca. **Modelo de Observação da Colaboração Baseado em Ontologias**. 2014. 134f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Este trabalho propõe um Modelo Conceitual de Observação da Colaboração para possibilitar uma observação sistemática dos aspectos envolvidos na colaboração, a fim de facilitar a coordenação das atividades de observação no grupo, bem como para melhorar a colaboração, interação e comunicação entre os participantes. O Modelo Conceitual de Observação da Colaboração foi construído a partir de uma ontologia de domínio de colaboração, utilizando uma estratégia de análise ontológica baseada na Ontologia de Fundamentação Unificada. Com essa estratégia, é possível obter uma representação mais expressiva e precisa dos conceitos do domínio, suas relações e regras, para apoiar aplicações que utilizem esse modelo. A colaboração eficaz é um fator-chave de sucesso em atividades de trabalho em equipe, para atingir os objetivos compartilhados, porque pode melhorar a qualidade das interações e reduzir o tempo de execução de tarefas. A observação das atividades de um grupo é uma forma útil para compreender as interações, habilidades práticas e conhecimento tácito, desenvolvidos pelas equipes de trabalho. Quando observamos como as pessoas realizam suas atividades, é possível compreender as suas razões e motivações, bem como os problemas ou dificuldades relacionadas com a execução de tarefas. Com o propósito de representar o cenário de colaboração, um modelo de simulação foi construído, permitindo o refinamento do modelo conceitual construído. Além disso, foi realizado um experimento real, utilizando-se o cenário da Brigada de Baldes, permitindo a verificação da completude e adequação do modelo e dos aspectos colaborativos identificados durante a observação.

Palavras-chave: Colaboração. Modelo de observação. Modelo conceitual.

## ABSTRACT

Gentil, Paula Ballard da Fonseca. **Modelo de Observação da Colaboração Baseado em Ontologias**. 2014. 134f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

This work proposes a Collaboration Observation Model to allow a systematic observation of aspects involved in collaboration, in order to facilitate coordination of observation activities in the group as well as to improve collaboration, interaction and communication among participants. The Collaboration Observation Model allows a more expressive and accurate representation of the model elements, their relations and rules, to better support applications and other initiatives using this model. Effective collaboration is a key factor of success in teamwork activities to achieve shared goals, because it can improve the quality of interactions and reduce tasks execution time. The observation of people work activities in the organizations is a useful way to understand the interactions, practical skills and tacit knowledge developed by the work teams. When we observe how people carry out their activities, it is possible to understand their reasons and motivations, as well as the problems or difficulties related with the execution of tasks. In order to represent the collaboration scenario, a simulation model was built, to allow the refinement of the conceptual model. Moreover, a real experiment was conducted, using the scenario Brigade Buckets, to verify the completeness of the model and the collaborative aspects identified during the observation.

Keywords: Collaboration. Observation model. Conceptual model.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de Colaboração (Callahan et al, 2008) .....	20
Figura 2. Fragmento da UFO-A – Uma Ontologia de Indivíduos Duradouros. ....	36
Figura 3. Fragmento da UFO-B – Uma Ontologia de Eventos .....	37
Figura 4. Fragmento da UFO-C – Distinção entre Agente e Objeto .....	37
Figura 5. Diagrama de Pacotes da Ontologia de Colaboração proposta por Oliveira (2009). .	39
Figura 6. Ontologia de Comunicação.....	40
Figura 7. Ontologia de Coordenação.....	41
Figura 8. Ontologia de Coordenação - dependência de Fluxo (Flow) .....	41
Figura 9. Ontologia de Coordenação - dependência de Encaixe (Fit) .....	42
Figura 10. Ontologia de Cooperação.....	43
Figura 11. Ontologia CNO proposta por Rajsiri e outros (2008) .....	44
Figura 12. Ontologia de Colaboração proposta por Knoll e outros (2010) .....	47
Figura 13. Esquema para o desenvolvimento do Modelo de Observação da Colaboração ....	51
Figura 14. Pacote de Coordenação.....	58
Figura 15. Pacote de Cooperação.....	62
Figura 16. Pacote de Cooperação - Eventos.....	63
Figura 17. Pacote de Comunicação .....	65
Figura 18. Brigada de Baldes .....	68
Figura 19. Realização do Segundo Experimento no Corpo de Bombeiros.....	74
Figura 20. Etapas para condução de um estudo de simulação .....	82
Figura 21. Brigada de Baldes – Papéis envolvidos na Simulação .....	84
Figura 22. Exemplo de arquivo de log gerado pelo simulador .....	87
Figura 23. Estratégia da 1ª Simulação .....	88
Figura 24. Estratégia da 2ª Simulação .....	89
Figura 25. Estratégia da 3ª Simulação .....	89
Figura 26. Estratégia da 4ª Simulação .....	90
Figura 27. Estratégia da 5ª Simulação .....	91
Figura 28. Estratégia utilizada nas duas primeiras simulações - 6.5.1 e 6.5.2 .....	94
Figura 29. Estratégia utilizada nas simulações 6.5.3 e 6.5.4 .....	96
Figura 30. Estratégia utilizada na simulações 6.5.5.....	97

Figura 31. Pacote de Coordenação Refinado .....	100
Figura 32. Pacote de Cooperação – Refinado .....	101
Figura 33. Pacote de Cooperação – Eventos – Refinado.....	102
Figura 34. Pacote de Comunicação – Refinado .....	103

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Comparação das Ontologias de Colaboração .....	49
Quadro 2. Dicionário do Pacote de Coordenação .....	57
Quadro 3. Dicionário do Pacote de Cooperação .....	60
Quadro 4. Dicionário do Pacote de Comunicação.....	64

## LISTA DE SIGLAS

CONTO – Ontologia de Colaboração

CO – Collaboration Ontology

CPO – Collaboration Process Ontology

EA – Enterprise Architect

GPML – Group Process Modeling Language

ITIL - Information Technology Infrastructure Library

ONTOUML – Ontological Unified Modelling Language

SIMPY – Simulation in Python

UFO – Unified Foundational Ontology

UML – Unified Modelling Language

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1 MOTIVAÇÃO.....	17
1.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	19
1.3 OBJETIVO .....	21
1.3.1 <b>Objetivos específicos</b> .....	21
1.4 ELABORAÇÃO DA HIPÓTESE .....	22
1.5 ENFOQUE DA SOLUÇÃO.....	23
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	23
<b>2 METODOLOGIA DE OBSERVAÇÃO</b> .....	24
2.1 TÉCNICAS DE OBSERVAÇÃO.....	24
2.2 ETNOGRAFIA.....	27
2.3 A NECESSIDADE DE UM MODELO DE OBSERVAÇÃO DA COLABORAÇÃO .....	30
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	32
<b>3 ONTOLOGIAS E SEU USO NA MODELAGEM CONCEITUAL</b> .....	34
3.1 ONTOLOGIA DE FUNDAMENTAÇÃO UNIFICADA - UFO.....	34
<b>3.1.1 UFO-A</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1.2 UFO-B</b> .....	<b>36</b>
<b>3.1.3 UFO-C</b> .....	<b>37</b>
3.2 ONTOLOGIAS DE COLABORAÇÃO .....	38
<b>3.2.1 Ontologia de colaboração CONTO (Oliveira, 2009)</b> .....	38
<b>3.2.2 Ontologia de colaboração na rede – CNO (Collaborative Network Ontology)</b> .....	43
<b>3.2.3 Ontologia de colaboração CO e CPO</b> .....	45
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	49
<b>4 MODELO CONCEITUAL DE OBSERVAÇÃO DA COLABORAÇÃO</b> .....	50
4.1 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MODELO DE OBSERVAÇÃO DA COLABORAÇÃO.....	50
<b>4.1.1 Modelo conceitual</b> .....	51
<b>4.1.2 Simulação</b> .....	53
<b>4.1.3 Experimento Real</b> .....	54
4.2 MODELO CONCEITUAL PROPOSTO.....	54
<b>4.2.1 Pacote de Coordenação</b> .....	55
<b>4.2.2 Pacote de Cooperação</b> .....	58
<b>4.2.3 Pacote de Comunicação</b> .....	63
4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	65
<b>5 EXPERIMENTOS</b> .....	67
5.1 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO DE APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	67
5.2 PRIMEIRO EXPERIMENTO .....	68
<b>5.2.1 Planejamento</b> .....	68
<b>5.2.2 Execução</b> .....	69
<b>5.2.3 Avaliação do modelo de observação da colaboração</b> .....	72
5.3 SEGUNDO EXPERIMENTO .....	73
<b>5.3.1 Planejamento</b> .....	73

<b>5.3.2 Execução</b> .....	75
<b>5.3.3 Avaliação</b> .....	77
<b>5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	78
<b>6 SIMULAÇÃO</b> .....	80
6.1 CONCEITO DE SIMULAÇÃO E SUAS ETAPAS .....	80
6.2 DESCRIÇÃO DO MODELO SIMULADO: BRIGADA DE BALDES .....	82
6.3 EXECUÇÃO DA SIMULAÇÃO COM OS DADOS DO PRIMEIRO EXPERIMENTO .....	87
6.4 AVALIAÇÃO DA SIMULAÇÃO COM OS DADOS DO PRIMEIRO EXPERIMENTO .....	91
6.5 EXECUÇÃO DA SIMULAÇÃO COM OS DADOS DO SEGUNDO EXPERIMENTO .....	92
<b>6.5.1 Simulação da Brigada de Baldes com uma linha (Grupo A)</b> .....	92
<b>6.5.2 Simulação da Brigada de Baldes com uma linha (Grupo B)</b> .....	93
<b>6.5.3 Simulação da Brigada de Baldes com duas linhas (Grupo A)</b> .....	94
<b>6.5.4 Simulação da Brigada de Baldes com duas linhas (Grupo B)</b> .....	95
<b>6.5.5 Simulação da Brigada de Baldes com três linhas (Grupos A e B)</b> .....	96
6.6 AVALIAÇÃO DA SIMULAÇÃO COM OS DADOS DO SEGUNDO EXPERIMENTO .....	97
<b>7 MODELO CONCEITUAL REFINADO</b> .....	99
7.1 PACOTE DE COORDENAÇÃO .....	99
7.2 PACOTE DE COOPERAÇÃO .....	100
7.3 PACOTE DE COMUNICAÇÃO .....	102
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	104
8.1 CONTRIBUIÇÕES .....	1055
8.2 LIMITAÇÕES .....	107
8.3 TRABALHOS FUTUROS .....	107
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>APÊNDICE A – CÓDIGO DA SIMULAÇÃO DA BRIGADA DE BALDES</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

# 1 Introdução

---

## 1.1 Motivação

O modelo conceitual é uma abstração dos elementos envolvidos em um sistema, sendo uma ligação entre o mundo real, representado pelo domínio do problema, e o modelo computacional, utilizado para a construção do modelo de dados de uma determinada aplicação (ROBINSON, 2010). Esse modelo representa uma descrição de alto nível do domínio do problema, contemplando alguns aspectos sociais e físicos do mundo real, com o propósito de melhorar o entendimento e a comunicação (MYLOPOULOS, 1992).

Modelos conceituais representam o domínio da aplicação segundo percepção dos usuários e do time de desenvolvimento (KUNG, 1989). Como os diversos papéis envolvidos no desenvolvimento de um sistema manipulam o modelo conceitual, é importante que esse modelo possua uma representação adequada, capturando de forma precisa os diferentes conceitos envolvidos. É essencial que o Modelo Conceitual apresente um bom nível de expressividade, de forma que possa capturar o Universo do Discurso<sup>1</sup>. A modelagem conceitual permite representar de maneira abstrata a realidade da aplicação, facilitando a comunicação entre as partes envolvidas em um projeto, de forma independente da plataforma de hardware e software.

O processo de Engenharia de Requisitos é composto pelas atividades de estudo de viabilidade; elicitação e análise; especificação e validação dos requisitos (SOMMERVILLE, 2007). Durante a fase de elicitação de requisitos um esquema ou modelo conceitual para o domínio do sistema é construído (OLIVÉ, 2007) contribuindo para o entendimento do domínio da aplicação e das funcionalidades que ele deve executar.

O modelo conceitual pode ser estrutural ou comportamental. Os modelos estruturais capturam os principais conceitos do domínio, suas relações e propriedades, enquanto os comportamentais especificam as ações que o sistema pode realizar e as mudanças válidas no estado do domínio (OLIVÉ, 2007). A modelagem conceitual é uma das principais atividades para a Engenharia de Requisitos. Aspectos estruturais e comportamentais são observados,

---

<sup>1</sup> Representa todo o conhecimento considerado em um domínio particular estudado

modelados e documentados para registrar e tornar explícito o conhecimento adquirido durante o levantamento do sistema (MARTINS, 2009).

Tanto a Análise de Domínio quanto a Análise de Requisitos tratam da modelagem conceitual de um domínio de aplicações. A Análise de Requisitos foca nas características do domínio específicas para um determinado sistema, enquanto que a Análise de Domínio detalha os elementos de forma mais genérica, relevantes para o desenvolvimento de diversos sistemas nesse domínio, em um nível mais alto de abstração.

O modelo de domínio, produto da Análise de Domínio, pode ser usado na fase de Análise de Requisitos para melhorar a comunicação e o entendimento do domínio, contribuindo para o processo de elicitação de requisitos (FALBO; MENEZES; ROCHA, 1998; GUIZZARDI, 2005).

As ontologias podem ser aplicadas na modelagem do domínio podendo contribuir para o melhor entendimento do mesmo, facilitando ainda o reuso dos elementos componentes desse domínio (FALBO et al, 2002). Guarino (1998, p. 7) explica que:

Uma ontologia é uma teoria lógica que representa o significado pretendido de um vocabulário formal, ou seja, o compromisso ontológico para uma conceituação particular do mundo. Os modelos pretendidos de uma linguagem lógica, que usam tal vocabulário, são limitados por esse compromisso ontológico.

A conceituação é um modelo abstrato do mundo que se quer representar, realizada de forma explícita. A ontologia é uma hierarquia de conceitos com relações, restrições, axiomas e terminologia associada, que representa um determinado domínio de conhecimento. Assim uma ontologia permite estabelecer um compromisso de um vocabulário com uma determinada conceituação ou visão de mundo (GUARINO, 1998) e pode ser usada para organizar uma porção de conhecimento capturado, com o objetivo de facilitar o acesso, o entendimento e permitir seu reuso.

Segundo Guarino (1998), existem quatro tipos principais de ontologias: ontologias de topo, de domínio, de tarefa e de aplicação. As ontologias de topo ou de fundamentação descrevem conceitos e relações gerais, que podem ser aplicados aos diversos domínios e tarefas. As ontologias de domínio e de tarefa descrevem respectivamente conceitos e relações de um determinado domínio genérico ou de uma tarefa genérica, especializando os termos definidos na ontologia de fundamentação. As ontologias de aplicação descrevem os conceitos adotados em uma aplicação específica.

A ontologia de fundamentação fornece um referencial teórico para analisar um domínio e então representá-lo na forma de uma ontologia de domínio. Para que uma ontologia de domínio possa servir como um modelo de referência, deve ser construída com base nos conceitos de uma ontologia de fundamentação, representando o domínio do discurso com maior expressividade (BRINGUENTE, 2011).

O uso de ontologias tem sido efetivo para solucionar algumas deficiências encontradas na representação do conhecimento de um domínio (GUIZZARDI et al, 2008), pois viabiliza o entendimento comum e compartilhado de um domínio de conhecimento, de forma que o mesmo possa ser compreendido e explorado por pessoas e computadores em suas interações.

Segundo Guizzardi (2006), a UFO tem se mostrado útil na resolução de problemas de modelagem conceitual, porque representa de forma precisa as meta-propriedades, que permite uma acomodação explícita dos compromissos ontológicos. Além disso, a UFO também apresenta uma solução para problemas clássicos e recorrentes no modelo conceitual, tais como a representação de papéis, problema de transitividade da relação todo-parte e problema de colapso de restrições de cardinalidade.

## **1.2 Descrição do problema**

O problema tratado nesta proposta é a dificuldade de conduzir análises de situações de colaboração, pela falta de um quadro de referência identificando elementos e questões de observação, de forma a capturar de maneira abrangente todos os aspectos envolvidos na colaboração. A representação desse quadro de referência é complexa, com muitos componentes e relacionamentos, e o uso de um processo de análise do domínio baseado em uma ontologia de fundamentação poderá contribuir para uma melhor compreensão do domínio e conseqüentemente para sua representação mais precisa em um modelo.

A colaboração representa o trabalho em conjunto de uma ou mais pessoas para a realização de objetivos comuns (MINICUCCI, 2001). A colaboração é um fator importante para que as organizações possam alcançar seus objetivos de produtividade, qualidade e compartilhamento de conhecimento (MAGDALENO et al, 2007). Na Colaboração ocorre a atuação conjunta (cooperação) e coordenada de indivíduos, apoiados pela comunicação. Para trabalhar de forma colaborativa, os indivíduos negociam e compartilham informações relevantes para conclusão de um determinado objetivo.

A colaboração é um processo no qual as pessoas exploram as suas diferenças de forma construtiva (CALLAHAN et al, 2008), compartilhando suas experiências e conhecimentos. Um grupo, trabalhando de forma colaborativa, pode produzir melhores resultados do que um membro individualmente.

Segundo Callahan e outros (2008), em uma organização podem existir três tipos de colaboração (Figura 1):

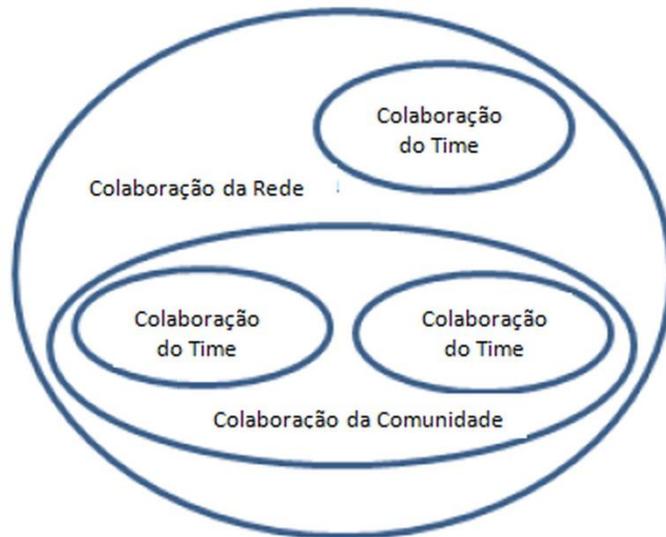


Figura 1 Tipos de Colaboração (Callahan et al, 2008)

- Colaboração do Time (*Team Collaboration*) – nesse tipo de colaboração existem metas que devem ser alcançadas dentro de um determinado prazo. Nesse grupo de colaboração todos os membros são conhecidos e têm papéis. A liderança aumenta a produtividade da colaboração em equipe.
- Colaboração da Comunidade (*Community Collaboration*) - as metas são focadas na aprendizagem, em vez de tarefas. Os membros de uma equipe estão em contato com outra equipe em sua comunidade para fazer uma pergunta ou dar conselhos.
- Colaboração da Rede (*Network Collaboration*) - abrange a colaboração além da equipe e da comunidade. Não há funções explícitas e prazos.

Existem diferentes maneiras de colaborar, que podem ser divididas em dois grupos (BOEV et al, 2011):

- Compartilhamento de informações e tomada de decisão;
- Contribuição para o conhecimento ou recursos comuns.

A observação dos aspectos colaborativos pode facilitar a compreensão e captura do conhecimento tácito e das interações entre os companheiros de equipe. Há alguns

comportamentos colaborativos que os membros da equipe executam sem nem mesmo estarem cientes que os mesmos estão em curso. A transferência desse tipo de conhecimento para um modelo computacional é altamente desejável, proporcionando a aquisição do conhecimento envolvido na atividade de colaboração e a capacidade de incorporar características e habilidades de diversos especialistas.

### **1.3 Objetivo**

O objetivo do trabalho é construir um modelo de observação para apoio à colaboração, utilizando a ontologia de colaboração proposta por Oliveira (2009) e a ontologia de fundamentação UFO, para possibilitar o aumento da expressividade e consistência dos conceitos associados ao domínio representado.

O modelo de observação da colaboração será responsável pela aquisição dos dados a serem observados de uma entidade ou grupo de entidades, coletando os dados observados em um formato que possa ser compreendido e utilizado por sistemas de informação.

#### **1.3.1 Objetivos específicos**

O objetivo geral do presente trabalho pode ser detalhado nos seguintes objetivos específicos:

**- Construção do modelo de observação da colaboração.**

Na construção do modelo de observação foram utilizados os conceitos da ontologia de domínio para colaboração proposta por Oliveira (2009), denominada CONTO, para que seja possível incluir no modelo os aspectos relacionados à comunicação entre agentes, cooperação e coordenação entre as atividades. A CONTO foi construída com base na ontologia de fundamentação unificada (UFO - Unified Foundational Ontology) (GUIZZARDI, 2005)(GUIZZARDI et al, 2008). A distinção semântica adicionada pela UFO pode contribuir para a construção do modelo e definir elementos de modelo que podem explicitar compromissos ontológicos relevantes e já identificados pela UFO, incluindo mais restrições associadas aos elementos do modelo e diminuindo a ambiguidade em sua interpretação.

O modelo conceitual proposto neste trabalho não corresponde a uma ontologia de domínio, pois não houve a formalização desse modelo em uma linguagem de representação formal.

#### **- Construção do Simulador a partir do modelo de observação proposto.**

A partir do modelo conceitual, foi construído um simulador capaz de representar o comportamento do modelo em um cenário real. A simulação envolve a geração de um sistema artificial que representa o modelo conceitual, permitindo a observação de características relacionadas ao modelo. Com a simulação, é possível identificar as variáveis do modelo em diferentes cenários do mundo real.

#### **- Aplicação do modelo de observação proposto em cenário experimental.**

Foi realizado um experimento, baseado em um cenário real, para avaliar o Modelo Conceitual de Observação e para garantir que o modelo desenvolvido seja suficiente para abranger todos os aspectos observados de colaboração. Um estudo empírico foi ainda realizado, baseado na simulação e nos cenários utilizados no experimento real, para permitir a avaliação e o refinamento do Modelo de Observação.

Cabe ressaltar que o enfoque do presente trabalho não é utilizar a observação para o aprendizado do comportamento colaborativo. O aprendizado através da observação é uma técnica usada para o aprendizado do comportamento colaborativo (JOHNSON; GONZALEZ, 2013) e é parte essencial para os sistemas multi-agentes, sendo muito empregado nessa área (REKABDAR; SHADGAR; OSAREH, 2012).

### **1.4 Elaboração da hipótese**

O modelo de observação da colaboração, baseado em modelos mais expressivos de referência para este domínio e em estratégias de análise ontológica apoiada em uma Ontologia de Fundamentação, permitirá uma representação mais expressiva e precisa dos elementos a contemplar, suas relações e regras, para melhor apoiar as aplicações que utilizem este modelo.

A construção do modelo possibilitará a observação sistemática dos aspectos envolvidos na colaboração, facilitando a captura do conhecimento para a execução dos objetivos a serem desenvolvidos por um determinado grupo que trabalha de forma colaborativa.

## **1.5 Enfoque da solução**

O uso da ontologia de colaboração (CONTO), que já contempla um quadro de referência para os elementos de colaboração, ajuda a observar e a representar de forma mais expressiva. A proposta do presente trabalho é desenvolver um modelo de observação, utilizando os conceitos da ontologia CONTO, baseada em uma ontologia de fundamentação, mas especificamente, a UFO.

A UFO tem sido empregada para avaliar, reprojeter e integrar os modelos de modelagem conceitual, contribuindo para maior expressividade dos elementos de modelo (GUIZZARDI et al, 2008) (MARTINS, 2009), agregando conceitos relativos a eventos, objetos, agentes e recursos, para prover semântica aos modelos e capturar o conhecimento do contexto da situação observada.

A utilização dos conceitos de colaboração, da ontologia proposta por Oliveira (2009), no modelo de observação pode contribuir para a melhoria do processo de colaboração e possibilitar maior controle das atividades executadas, diminuindo os problemas de inconsistências na comunicação entre o pessoal envolvido.

Cabe ressaltar que a utilização dessa conceituação ontológica pode prover informações básicas e um vocabulário comum para aplicações que necessitem interoperar com outras aplicações.

## **1.6 Organização do trabalho**

Este trabalho está organizado em oito seções. Na seção 2, é detalhada a metodologia de observação, as técnicas existentes, a etnografia e a necessidade da construção de um modelo de observação da colaboração. Na seção 3 é apresentada uma revisão bibliográfica da literatura, da UFO e das ontologias de colaboração referenciadas na literatura, utilizadas para a construção do modelo proposto no presente trabalho. Na seção 4, o processo para a construção do modelo é apresentado e o modelo conceitual proposto é detalhado. Nas seções 5 e 6 é explicada a forma de avaliação da proposta, com a realização dos experimentos e da simulação. Na seção 7, é apresentado o modelo conceitual refinado. A conclusão se encontra na seção 8.

## 2 Metodologia de observação

---

A observação das atividades de trabalho nas organizações é um meio útil de se entender as interações, práticas informais, técnicas e conhecimentos tácitos desenvolvidos pelas equipes de trabalho. Segundo Bell (2004), não é necessário perguntar o que as pessoas fazem com os sistemas, e sim observar como são executadas suas atividades, pois a partir destas informações se chega às razões e motivações mais completas do uso dos sistemas, bem como aos problemas ou dificuldades relacionadas com a usabilidade.

Segundo Alvarez (1991), a observação é uma forma de pesquisa e coleta de dados que permite informar o que ocorre na situação real. A observação descreve comportamentos, padrões de comunicação, fluxos de trabalho e tarefas em ambientes específicos de trabalho.

A observação facilita a descoberta de conhecimentos e práticas de trabalho real: como as pessoas interagem com os sistemas e tecnologias; como cooperam com os outros; como eles usam a cognição para lidar com situações complexas ou imprevistas, detectar e resolver problemas que possam acontecer. Além disso, os problemas de comunicação subsequentes poderão ser reduzidos, uma vez que a observação permite um melhor conhecimento do contexto da situação.

Na seção 2.1 as técnicas de observação, já definidas na literatura, serão detalhadas. Na seção 2.2 é explicado o conceito de etnografia e na seção 2.3 a necessidade de um modelo de observação da colaboração. Na seção 2.4 são feitas as considerações finais sobre o capítulo.

### 2.1 Técnicas de observação

Há uma classificação utilizada para categorizar técnicas de observação, considerando diferentes aspectos listados abaixo (ANDER-EGG, 1978):

- Os meios: observação não estruturada (assistemática) e observação estruturada (sistemática). Uma observação é não estruturada quando o pesquisador coleta e registra fatos da realidade, de uma maneira informal, sem a utilização de meios técnicos especiais. Uma observação é estruturada quando é necessária uma descrição estruturada de uma tarefa ou é preciso verificar hipóteses para causar certos fenômenos. Na observação

sistemática o observador sabe quais os aspectos da atividade de grupo são importantes para o objetivo da pesquisa, criando um roteiro específico antes do início da observação.

- A participação do observador: observação não participativa e participativa. Na observação não participativa o observador não integra o grupo observado, observando as tarefas desenvolvidas sem participar delas. Na observação participativa o observador participa do grupo observado e executa papéis durante a execução das atividades.

- O número de observadores: individual e equipe, de acordo com o número de pessoas envolvido na observação.

- O lugar onde é realizado: na vida real (trabalho de campo) ou em laboratório. Normalmente, as observações são feitas no ambiente real, no qual os eventos podem ser observados. No entanto, a observação também pode ser feita em laboratório.

De acordo com os meios utilizados, a observação pode se caracterizar em estruturada e não estruturada.

Assim, a **observação não estruturada**, também denominada assistemática, simples, espontânea, informal ou não planejada, conduz a função do pesquisador atuando como espectador. Em face dessa realidade, podemos afirmar que tal modalidade não é indicada para testar hipóteses, bem como descrever de forma precisa as características e os aspectos relacionados a uma dada amostragem. O intuito a ela atribuído se revela pelo conhecimento de uma situação cuja natureza se revela como pública, tais como hábitos de compra, vestuário, frequência a determinados locais públicos, dentre outras circunstâncias. Apenas lembrando que para o registro dos dados colhidos, podem-se utilizar distintos recursos, como gravadores, câmeras fotográficas, filmadoras, além de outros, aqui não especificados.

A **observação estruturada**, como bem nos revela a própria denominação, caracteriza-se por ser uma ação minuciosamente planejada, com vista a atender critérios preestabelecidos. Assim, cabe ao pesquisador se manter o mais objetivo possível, eliminando por completo sua influência sobre os fenômenos em estudo e se limitando a somente descrever informações precisas acerca do fato em questão. Cabe ressaltar que, mediante tais aspectos, faz-se necessário, como anteriormente expresso, um plano previamente elaborado, que forneça os subsídios necessários à análise da situação, cuja natureza se manifesta por um aspecto iminente exploratório.

No que tange à participação do observador, a observação dar-se-á de duas formas: participativa ou não-participativa.

Na observação participativa, os próprios pesquisadores questionam os executores durante as atividades de forma a melhor compreendê-las. O observador assume uma posição totalmente ativa, envolvendo-se com o fenômeno analisado. Tal participação pode assumir duas formas distintas: a **natural**, demarcada pelo fato dele já pertencer à mesma comunidade; ou **artificial**, quando ele passa a integrar o grupo em análise. Tendo em vista a forma como ele se envolve com a situação, o observador pode assumir distintos papéis: o de **participante total** (não revelando a verdadeira identidade); o de **participante observador** (revelando a identidade e objetivos a que se presta) e o de **observador total**, cuja atuação se revela pelo fato de não interagir com o grupo, realizando todo o procedimento sem ser visto.

Quanto às observações não-participativas, estas podem ser diretas ou indiretas. Na observação direta, pessoas são observadas individualmente. Estes trabalhos usam métodos etnográficos em conjunto com métodos cognitivos. Comportamentos são anotados e registrados, enquanto que na observação indireta há o uso de tecnologia de apoio para o registro, como equipamentos de áudio e vídeo (ROCHA; BARANAUSKAS, 2000). Neste caso, a distância entre observador e observado torna-se maior. Essa observação pode também ser compreendida como passiva, haja vista que quem observa apenas se limita a fazê-lo de forma neutra, ou seja, permanecendo alheio aos dados colhidos, posicionando-se do lado de fora e se mantendo como mero espectador.

Conforme o número de observadores, uma dada realidade pode contar com somente um indivíduo, considerado um observador individual. Nesse tipo de atuação, é possível que a objetividade das informações seja intensificada. Já na observação em equipe, o grupo de observadores pode analisar o fato de vários ângulos, fato que descarta o caráter assim tão objetivo, pois cada um deles pode observar um aspecto distinto e chegar a conclusões também divergentes.

Conforme as características e limitações dos ambientes, a observação pode também ser realizada de outras formas, como através de experimentos controlados e simulações, ou no próprio ambiente real.

O uso de experimentos e simulações é justificado em certas situações onde a observação não é possível, como no caso das atividades de bombeiros e pilotos. Em outros domínios, pode-se simplesmente não ser possível estar presente para a realização da observação em momentos críticos. Dessa forma, os experimentos, simulações, entrevistas

ou mesmo contagem de histórias sobre relatos de acidentes e incidentes muito contribuem para a captura de conhecimento tácito envolvido na resolução dos mesmos (CRANDALL; KLEIN; HOFFMAN, 2006).

O grau de estruturação e participação muda de acordo com o objetivo da observação. Em estudos exploratórios, as observações são geralmente não estruturadas e o observador tende a participar das atividades do grupo observado.

## **2.2 Etnografia**

Outra abordagem que deve ser levada em consideração é a etnografia, que é uma metodologia derivada da Antropologia Social, que fornece descrições detalhadas da atividade humana, junto com seus comportamentos, interações sociais, técnicas e práticas culturais. É resultado do ponto de vista do observador, participante ou não, situado no ambiente por longos períodos (MACHADO; BORGES; GOMES, 2008). Métodos etnográficos são completamente ou parcialmente baseados nas observações dos participantes (ATKINSON; HAMMERSLEY, 1994).

Cabe ressaltar que os termos etnografia e observação estão fortemente relacionados. Na verdade, os métodos etnográficos são completamente ou parcialmente baseados na observação participativa (ATKINSON; HAMMERSLEY, 1994). A etnografia descreve de forma simples uma cultura ou sociedade em particular e a observação é uma das possíveis formas de coleta de dados, sendo a mais comumente aplicada e utilizada. Dessa forma, o universo empírico a ser estudado irá indicar qual é a técnica de coleta mais adequada. (MACHADO, 2008).

Com a etnografia entendem-se os aspectos do grupo ou da cultura a ser observada vivenciando-a, estando presente, fazendo exatamente as coisas que as pessoas fazem e como elas fazem (BELL, 2004). Nardi (1997) ainda reitera que por meio da etnografia compreende-se como e, principalmente, por que as atividades são executadas de uma determinada maneira, pois o fenômeno é estudado dentro do seu contexto social, cultural e organizacional (MYERS, 1999).

A etnografia é aplicada em diversas áreas do conhecimento, estando presente em vários domínios para a elicitación de conhecimento e em métodos de coleta baseados em observações, conforme descrito nos itens a seguir (MACHADO, 2008) (SILVA JUNIOR, 2010):

- Na Ergonomia: a observação, como técnica de coleta de dados, é denominada como o centro dos métodos para se compreender as reais condições de trabalho, as atividades efetivas de operadores e seus resultados sobre a saúde e a produção (GUÉRIN et al, 2004);
- Na Medicina: uma ferramenta computacional foi criada para capturar e avaliar os aspectos comportamentais e de desempenho de uma equipe de médicos durante a realização de cirurgias (GUERLAIN et al, 2002);
- Na Psicanálise: um observador se insere nos consultórios de psicanalistas para entender como é realizado o trabalho com os pacientes e como são os relacionamentos entre eles (CARVALHO, 1998);
- No desenvolvimento de produtos: empresas de alta tecnologia, como Hewlett Packard, Intel, Microsoft e IBM, possuem grupos de pesquisas, envolvendo pessoas que aplicam os métodos etnográficos como um instrumento para apoiar o projeto de novas tecnologias. O objetivo é a criação de soluções que sejam úteis para aqueles que vão utilizá-los. No caso da Intel, por exemplo, estes grupos têm a tarefa de entender profundamente o modo como as pessoas vivem e trabalham, a fim de criar novas e inovadoras tecnologias que atendam de fato às suas reais necessidades (BELL, 2004);
- Na Auditoria: A observação pode ser usada como critério para verificar a veracidade das informações obtidas através de outras técnicas, como por exemplo, entrevistas. Neste sentido, ela tem sido um importante instrumento de trabalho para verificação da conformidade da prática das empresas às descrições feitas acerca de seus processos (GOULART, 2003); e
- Na Engenharia de Software: utiliza métodos etnográficos para a elicitação de requisitos (HUGHES et al, 1994; NARDI, 1997; MILLEN, 2000; MACHADO, 2008). É cada vez mais raro encontrar ambientes onde usuários interagem única e isoladamente com sistemas para o alcance dos seus objetivos, não sendo mais suficiente perguntar-lhe quais são as suas necessidades individuais. Através de estudos etnográficos, percebe-se que as atividades são socialmente organizadas e executadas por grupos que colaboram entre si para atingir os objetivos, com apoio de artefatos de trabalho, pessoas, sistemas e tecnologias. Com isso, as ações dos usuários devem ser visualizadas e entendidas no contexto onde

ocorrem. Em alguns casos, as atividades são difíceis de descrever, mas interessantes para se observar.

A etnografia permite compreensão da situação relacionada a um contexto, possibilitando uma série de vantagens, que são descritas a seguir (MACHADO, 2008, p.33):

- Maior aproximação e familiarização com o domínio da organização;
- A descoberta das atividades informais, dos aspectos sociais do trabalho e dos mecanismos cognitivos e colaborativos, não descritos nos modelos existentes, não assumidos, não percebidos, ou não reportados pelos usuários durante as entrevistas tradicionais;
- A compreensão das ações, decisões, estratégias, atitudes, comportamentos, interações e comunicações no momento e no contexto em que ocorrem;
- A percepção de como ocorre a interação com os recursos ou artefatos existentes, sejam procedimentos, políticas, sistemas ou tecnologias, de forma a entender como as pessoas percebem, aprendem, interagem e usam estes artefatos;
- Maior visibilidade sobre problemas de usabilidade, ou ainda, sobre o uso inadequado ou subutilizado das tecnologias existentes. Além disso, demonstra quais os aspectos da atividade que não devem ser automatizadas;
- O entendimento de como a disposição física do ambiente de trabalho e o arranjo dos artefatos têm influência, positiva ou negativamente, sobre a eficiência das atividades; e
- A identificação das dificuldades enfrentadas pelas pessoas, durante a execução das atividades, e as suas respectivas adaptações frente aos problemas.

A etnografia não representa apenas a coleta de dados em campo, mas inclui também a sua interpretação e análise (ANDERSON, 1997; BUTTON, 2000). A informação coletada deve ser analisada em maior profundidade, a fim de representar as atividades com seus dados contextuais, ou seja, explicitando os fatores condicionantes, os motivos, as razões e justificativas para que ações ou decisões tenham sido executadas. Além disso, essas atividades devem estar situadas, descrevendo-se os aspectos do ambiente, gestos ocorridos, objetos manipulados, comunicações trocadas e assim por diante. Algumas destas informações são visíveis, explícitas e devem ser caracterizadas, já as demais informações implícitas, como a motivação para alguma ação, devem ser levantadas e confirmadas através de entrevistas.

### 2.3 A necessidade de um modelo de observação da colaboração

Os dados de observação são geralmente estruturados e são geralmente descritos de forma *ad-hoc*. A tarefa de trabalhar com modelos para este domínio é difícil, uma vez que é necessário lidar com uma grande diversidade de dados. Além disso, a descoberta, organização e integração dos dados coletados são muito difíceis. Como consequência, a definição de esquemas para conjuntos de dados de observação é essencial, para representá-los com uma semântica mais expressiva e efetiva (BOWERS; MADIN; SCHILDHAUER, 2008).

Tang (1991) realizou uma pesquisa para observar e compreender o que as pessoas fazem quando executam atividades de desenho em grupo em um espaço compartilhado. O trabalho foi dividido em pequenos grupos, sendo filmado e analisado, com o objetivo de se compreender o trabalho colaborativo e de orientar a elaboração e o desenvolvimento de ferramentas, para apoiar as atividades dos grupos. A análise da atividade colaborativa estudou como o grupo realizava o seu trabalho dentro do espaço disponível para o desenho. Um framework foi definido, categorizando a atividade de desenho de acordo com as ações (como a ação foi produzida: lista, desenho ou gestos) e funções (o que a atividade realizou: informação armazenada, expressão de ideias e mediação da informação). Esse estudo não desenvolveu um modelo conceitual e foi muito específico para o domínio do trabalho de desenho em um espaço compartilhado.

A necessidade de definir um mecanismo para descrever os dados de observação pode ser encontrada em alguns estudos que propuseram modelos de dados observacionais (COX, 2006) (TARBOTON; HORSBURGH; MAIDMENT, 2007) e ontologias (MCGUINNESS et al, 2007) (WILLIAMS; MARTINEZ; GOLDBECK, 2006) (MADIN et al, 2006). No entanto, estas abordagens para a modelagem de mais alto nível dos dados de observação não são genéricas e extensíveis, porque estão vinculadas a vocabulários de domínios específicos para descrever modelos de dados destinados ao armazenamento de certos tipos de dados de observação.

O Open Geospatial Consortium (OGC) tem um Padrão Internacional para Observações e Medições (COX, 2006), que define um esquema conceitual para observações e para as características envolvidas na amostragem para a realização de observações. O padrão foi desenvolvido no contexto de sistemas de informação geográficos e pode ser estendido para outros domínios. Tarboton, Horsburgh e Maidment (2007) propuseram um modelo de dados de observação (Observation Data Model - ODM), construído para

armazenar observações hidrológicas e informações sobre os valores de dados, permitindo que os mesmos sejam interpretados e utilizados de forma não ambígua.

McGuinness e outros (2007) definiram uma ontologia extensível e reutilizável para a área de Física solar e terrestre. A estrutura da ontologia suporta a reutilização em vários projetos de Observatórios Virtuais. Williams, Martinez e Goldbeck (2006) propuseram uma visão geral de algumas ontologias, desenvolvidas para um projeto ecológico, denominado SEEK (*Science Environment for Ecological Knowledge*). As ontologias abordam duas áreas amplas, de observações científicas e do estudo de ciências, na parte ecológica e ambiental. Madin e outros (2006) apresentaram uma ontologia formal para capturar a semântica, de forma genérica, da observação científica e de medições. A ontologia fornece uma base para a inclusão detalhada de anotações semânticas de dados científicos, melhorando o significado de dados de observação.

Um framework para modelagem conceitual foi apresentado por Bowers, Madin e Schildhauer (2008), para capturar a semântica dos dados de observação e descrevê-los de uma forma flexível e eficaz. Esta abordagem estendeu o trabalho anterior de modelagem conceitual de dados de observação, desenvolvido por Madin e outros (2006), adicionando novos construtos para descrever as observações, medições e contexto, adequados para a anotação de dados. O framework detalha a estrutura dos dados de observação e sua estrutura semântica (entidades, relacionamentos e características), não contemplando aspectos relacionados a eventos e atividades.

Em alguns trabalhos, a observação foi empregada como método de avaliação para trabalhos em grupos em espaços compartilhados (GUTWIN; GREENBERG, 2000) (PINELLE; GUTWIN; GREENBERG, 2003). Gutwin e Greenberg (2000) definiram um framework conceitual para articular os mecanismos de colaboração em espaços compartilhados por grupos de trabalhos, incluindo métodos de avaliação de baixo-custo, como avaliação heurística, orientações, observações de usuários e questionários para ajudar na execução das atividades de trabalho colaborativo. Testes de usabilidade através de observações foram realizados para que o avaliador possa identificar a colaboração através de um conjunto de critérios, como comunicação, coordenação, planejamento e monitoramento. A aplicação desse método apresentou alguns problemas porque é muito difícil programar e prever a interação do grupo.

Pinelle, Gutwin and Greenberg (2003) desenvolveram uma técnica de modelagem chamada de Análise de Usabilidade da Colaboração (Collaboration Usability Analysis - CUA) para representar a variabilidade inerente ao trabalho em grupo, as questões de colaboração, trabalho em equipe e os aspectos de uma atividade compartilhada, para ajudar a análise de tarefas para *groupware*. CUA fornece uma maneira de conceituar e descrever o trabalho em grupo, mas foi desenvolvido para suportar as necessidades de avaliação de usabilidade do trabalho em grupo.

Os mecanismos definidos por Pinelle, Gutwin and Greenberg (2003) foram baseados nos aspectos necessários para a representação das interações colaborativas, coletados a partir de pesquisas anteriores em colaboração, em espaços de trabalho compartilhados (CLARK, 1996) (TANG, 1991): comunicação explícita (comunicação falada, escrita, gestos, combinações da comunicação verbal e de gestos); coleta de informações (consciência do contexto do grupo, informação de atividades, evidências visuais); gestão do espaço compartilhado (acesso ao recurso).

Este trabalho é diferente dos anteriores porque estuda a observação de aspectos colaborativos, não apenas para a avaliação da colaboração. A transferência desse conhecimento para um modelo computacional é altamente desejável, proporcionando a aquisição do conhecimento envolvido na atividade colaborativa e a capacidade de incorporar muitas características e habilidades dos especialistas envolvidos na execução de diversas atividades.

## **2.4 Considerações finais**

O objetivo desta seção foi investigar as técnicas de observação já existentes na literatura, além de estudar o conceito de observação.

A observação é uma técnica de investigação e coleta de dados que possibilita a identificação de comportamentos, padrões de comunicação, fluxos de trabalho e tarefas, permitindo ainda a identificação dos aspectos relacionados à colaboração entre os membros de uma equipe.

Foi realizada uma revisão bibliográfica dos modelos de observação desenvolvidos e foi verificada a necessidade de se construir um modelo de observação mais genérico, mas que se mostre expressivo, capaz de capturar os elementos essenciais da observação da colaboração e que apresente um bom embasamento teórico. Por essa razão, optou-se por

desenvolver esse modelo utilizando-se da análise ontológica baseada em uma ontologia de fundamentação (GUIZZARDI, 2005). Os modelos que tratam o domínio de observação precisam lidar com uma grande quantidade de dados, havendo a necessidade de representá-los com uma semântica mais expressiva e efetiva. Além disso, por já se dispor de um modelo de colaboração (OLIVEIRA, 2009) construído segundo esta mesma abordagem, procurou-se adaptá-lo e estendê-lo, como uma boa prática de reúso.

### 3 Ontologias e seu uso na modelagem conceitual

---

As ontologias de fundamentação são conjuntos de categorias filosoficamente bem fundamentadas e independentes de domínio que, quando aplicadas como base para a construção de modelos conceituais, podem melhorar a qualidade dos modelos produzidos (GUIZZARDI et al, 2008). O processo de análise ontológica compreende uma análise mais detalhada das propriedades dos objetos de um domínio e pode ser utilizada como fonte de conhecimento para modeladores conceituais, para minimizar a ocorrência de erros semânticos dos modelos (VILLELA; OLIVEIRA; BRAGA, 2004).

Uma das ontologias de fundamentação que vem sendo amplamente utilizada em diversos domínios é a Ontologia de Fundamentação Unificada (Unified Foundational Ontology - UFO), desenvolvida por Guizzardi (2005). A UFO está sendo aplicada para avaliar, (re) projetar e integrar os modelos de linguagens de modelagem conceitual, provendo semântica de mundo real ao modelo conceitual desenvolvido (GUIZZARDI; WAGNER, 2005).

Na literatura, algumas aplicações da UFO podem ser encontradas, tais como para a modelagem de negócio e para a avaliação dos métodos de modelagem de negócio (GUIZZARDI; WAGNER, 2005), para a modelagem do processo de gestão dos serviços de tecnologia da informação (*Information Technology Infrastructure Library –ITIL*) (CALVI, 2007), para permitir a inclusão de distinções ontológicas em um perfil UML (MARTINS, 2009) e para a reengenharia de uma ontologia de processo de software (BRINGUENTE, 2011).

Este capítulo aborda o referencial teórico sobre ontologias utilizado como base para o desenvolvimento deste trabalho e está organizado da seguinte forma: a seção 3.1 explica os conceitos da ontologia de fundamentação UFO, importantes para a compreensão deste trabalho. Na Seção 3.2 é apresentado um estudo das ontologias que capturam o domínio de colaboração e na Seção 3.3 são feitas as considerações finais do capítulo.

#### 3.1 Ontologia de Fundamentação Unificada - UFO

A Ontologia de Fundamentação Unificada (UFO) é baseada em teorias das áreas de Ontologias Formais, Lógica Filosófica, Filosofia da Linguagem, Linguística e Psicologia Cognitiva (GUIZZARDI et al, 2008). A UFO é composta por três partes complementares: a UFO-A é uma ontologia de indivíduos duradouros (*endurants*) e é o cerne da UFO e base

para as demais partes; a UFO-B é uma ontologia de eventos (*perdurants*); e a UFO-C é uma ontologia de entidades sociais, construída sobre as partes da UFO A e B. Os principais conceitos da UFO, necessários ao entendimento do presente trabalho, são explicados nas próximas seções.

### 3.1.1 UFO-A

O conceito fundamental da UFO-A (Figura 2) é denominado Entidade (***Entity***). A distinção principal da UFO-A é entre as categorias de Universais (***Universal***) e Indivíduos (***Particular***). Universais são padrões de características que podem ser instanciados em diferentes indivíduos. Estes, por sua vez, são entidades que existem na realidade e possuem uma identidade única (GUIZZARDI et al, 2008). Cada indivíduo é, portanto, instância de algum universal.

Os Indivíduos Duradouros (***Endurant***) são tipos de indivíduos concretos que podem ser categorizados em: Substanciais (***Substantial***) e Modos (***Moment***) (GUIZZARDI et al, 2008). Os Substanciais são indivíduos existencialmente independentes (exemplo: pessoa, cachorro, uma casa). Os Modos denotam a instanciação de uma propriedade. Um modo é um indivíduo que só pode existir em outro indivíduo, sendo existencialmente dependente (exemplo: cor, uma carga elétrica, um sintoma).

A dependência existencial também pode ser usada para diferenciar modos intrínsecos e relacionais. Modos Intrínsecos (***Intrinsic Moment***) são dependentes de um único indivíduo (exemplo: cor, dor de cabeça e temperatura). Modos Relacionais (***Relator***) dependem de vários indivíduos (exemplo: emprego, tratamento médico e casamento).

Os Indivíduos (***Particular***) são especializados em Universal Unário (***Monadic***) e Relação (***Relation***). O primeiro aplica-se a um indivíduo e o segundo, a dois ou mais indivíduos. Há categorias de Universais de Substância (***Substantial Universal***) e Universais de Modo (***Moment Universal***), que são especializações do Universal Unário. Universais de Substância podem ser rígidos, não rígidos e antirrígidos. Um universal de substância rígido é aquele que necessariamente aplica-se a todas as suas instâncias. Por exemplo, uma pessoa é sempre uma pessoa em qualquer configuração possível de mundo. Um universal de substância não rígido é aquele não se aplica necessariamente a pelo menos uma de suas instâncias. Por fim, um universal de substância antirrígido é aquele que necessariamente não se aplica a todas as suas instâncias. Por exemplo, estudante é antirrígido, pois

necessariamente não se aplica a todas as pessoas. Espécie (**Kind**) e Subespécie (**Subkind**) são sortais rígidos. Fase (**Phase**) e Papel (**Role**) são sortais antirrígidos. Espécie (**Kind**) é um sortail rígido que provê o princípio de identidade às suas instâncias. Espécies podem ser especializadas em outros subtipos rígidos, ditos subespécies (**Subkind**).

As relações (**Relation**) podem ser Materiais (**Material Relation**) ou Formais (**Formal Relation**). As Relações Formais acontecem entre duas ou mais entidades, sem intermediação de um Indivíduo. Relações Materiais são relações entre Indivíduos intermediadas por Modos Relacionais (**Relator**), que são indivíduos com o poder de conectar (mediar) outros indivíduos.

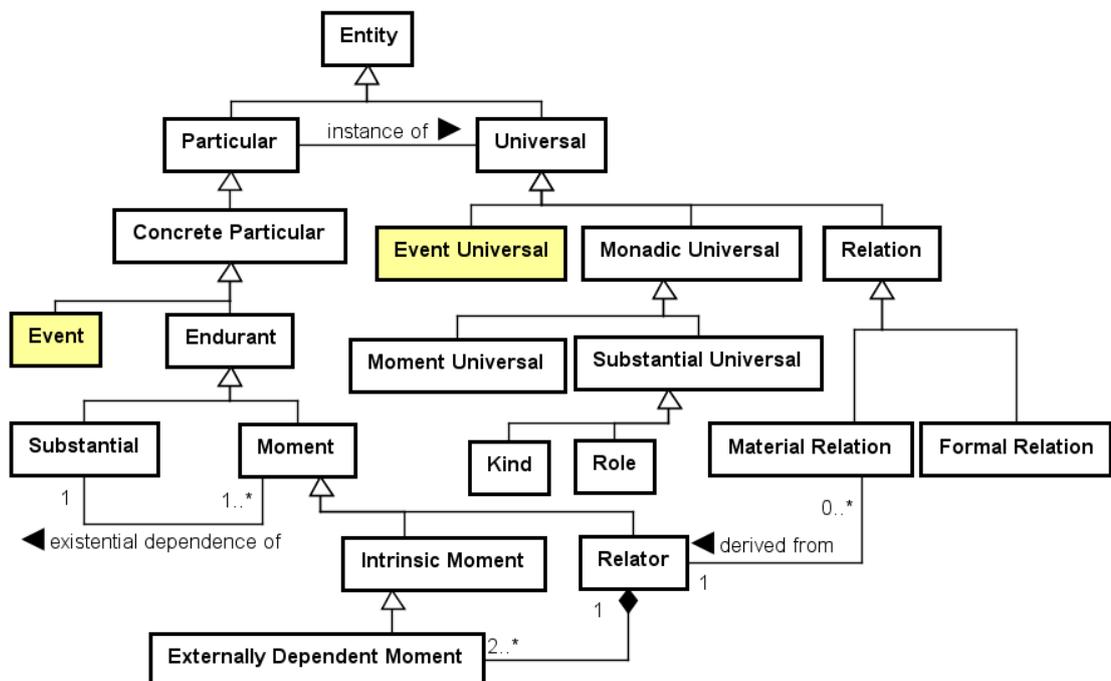


Figura 2. Fragmento da UFO-A – Uma Ontologia de Indivíduos Duradouros.

### 3.1.2 UFO-B

A UFO-B (Figura 3) diferencia Eventos (**Perdurants**) e Indivíduos Duradouros (**Endurants**) de forma explícita, em termos de suas respectivas relações com o tempo. Para a UFO-B os eventos são compostos por partes temporais e as ações representam eventos que têm o propósito específico de atender a intenção de um agente. Os eventos podem ser atômicos ou complexos. Os Eventos Complexos são compostos por agregações de pelo menos dois Eventos (que podem ser atômicos ou complexos). Um evento pode ser composto da Participação (**Participation**) individual de cada um de seus participantes (**Substantiais**).

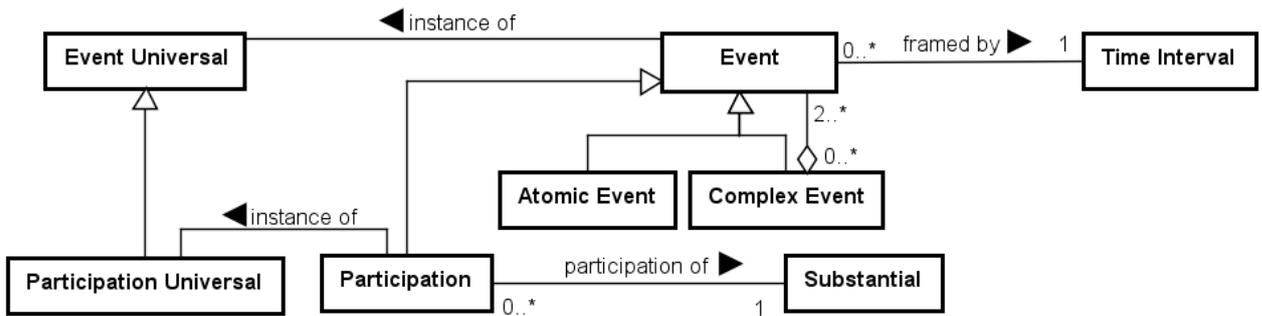


Figura 3. Fragmento da UFO-B – Uma Ontologia de Eventos

### 3.1.3 UFO-C

A UFO-C fundamenta-se na UFO-A e UFO-B para definir conceitos sociais, tais como plano, ação, objetivo, agente, intencionalidade, comprometimento e compromisso (GUIZZARDI et al, 2008). Ela é uma ontologia de entidades sociais (tanto indivíduos duradouros quanto eventos) e está apresentada na Figura 4.

Uma das principais distinções feitas na UFO-C é entre Agentes e Objetos. Os Agentes podem ser Físicos (uma pessoa) ou Sociais (uma organização). Um Agente Humano é um tipo de Agente Físico. Os Objetos também podem ser subdivididos em Físicos (um livro ou um carro) e Sociais (o dinheiro ou a língua). A Descrição Normativa é um tipo de Objeto Social que define uma ou mais regras/normas reconhecidas por pelo menos um Agente Social e que pode definir universais nominais como objetos sociais, papéis sociais e descrições dos planos (ações universais). A Descrição do Plano é um tipo especial de Descrição Normativa que descreve uma Ação Complexa Universal (planos complexos).

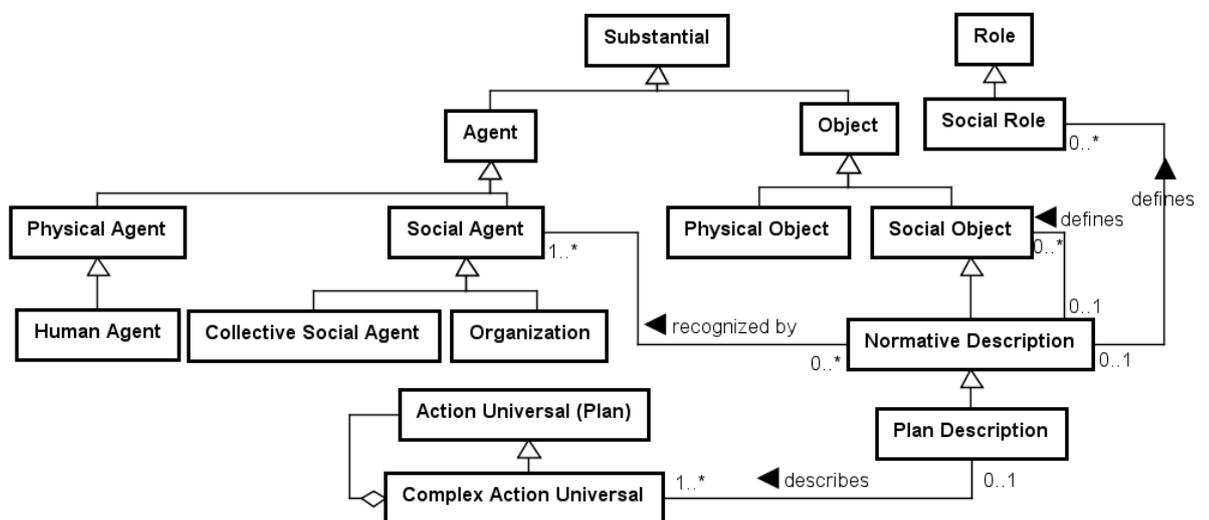


Figura 4. Fragmento da UFO-C – Distinção entre Agente e Objeto

## 3.2 Ontologias de colaboração

Para capturar o conhecimento sobre colaboração, diferentes ontologias foram desenvolvidas (OLIVEIRA, 2007) (RAJSIRI et al, 2008)(KNOLL et al, 2010), conforme detalhado nas seções que se seguem.

A ontologia de Oliveira (2009), denominada CONTO, foi usada como base do presente trabalho, sendo uma referência para a identificação dos aspectos relacionados à Colaboração e para a representação do domínio de colaboração. Foi desenvolvida com base na ontologia de fundamentação unificada (UFO - *Unified Foundational Ontology*) (GUIZZARDI, 2005).

Além disso, foram estudadas duas outras ontologias que capturam o domínio de colaboração e que não utilizaram uma ontologia de fundamentação como base para o seu desenvolvimento (RAJSIRI et al, 2008; KNOLL et al, 2010). Rajsiri e outros (2008) definiram uma ontologia de colaboração para redes colaborativas na internet e Knoll e outros (2010) desenvolveram uma ontologia baseada na linguagem de modelagem para processo de grupo GPML (Group Process Modeling Language).

### 3.2.1 Ontologia de colaboração CONTO (Oliveira, 2009)

A CONTO se encontra dividida em três partes: Cooperação, Comunicação e Coordenação (Figura 5), em conformidade com a estrutura do modelo 3C (ELLIS et al, 1991; FUKS et al, 2005). O modelo 3C de colaboração é baseado na premissa de que para colaborar os membros de um grupo precisam realizar ações de comunicação, coordenação e cooperação. A Ontologia de Comunicação promove o apoio necessário para a realização da cooperação, apoiando as interações entre agentes envolvidos e gerando compromissos ou acordos que são gerenciados pela coordenação durante o processo de comunicação e cooperação. A coordenação é responsável pela organização dos processos de cooperação.

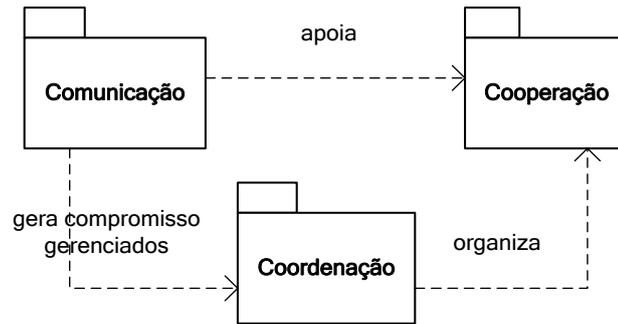


Figura 5. Diagrama de Pacotes da Ontologia de Colaboração proposta por Oliveira (2009).

A Figura 6 exibe a Ontologia de Comunicação, sendo que os conceitos em cinza são provenientes da UFO e os conceitos em branco da Ontologia de Comunicação.

Os Agentes (**Agent**) participam de uma Sessão Colaborativa (**CollaborativeSession**) através de atos intencionais chamados de contribuições de ação (**ActionContribution**) que podem ser do tipo Material (**MaterialContribution**) ou Comunicativa (**CommunicativeAct**). Atos comunicativos possuem um conteúdo proposicional ou mensagem (**Message**), que pode ou não ser codificada em uma Linguagem Idiomática (**IdiomaticLanguage**). Quando uma interação comunicativa (**CommunicativeInteraction**) ocorre, é composta de um ato comunicativo (**CommunicativeAct**) e uma percepção (**Perception**) deste ato comunicativo por agentes diferentes (**Sender**, **Receiver**). Quando a interação comunicativa (**CommunicativeInteraction**) ocorre, o conteúdo proposicional (**Message**) do ato comunicativo (**CommunicativeAct**) efetuado por um dos agentes (**Sender**) é o mesmo percebido pelo outro (**Receiver**).

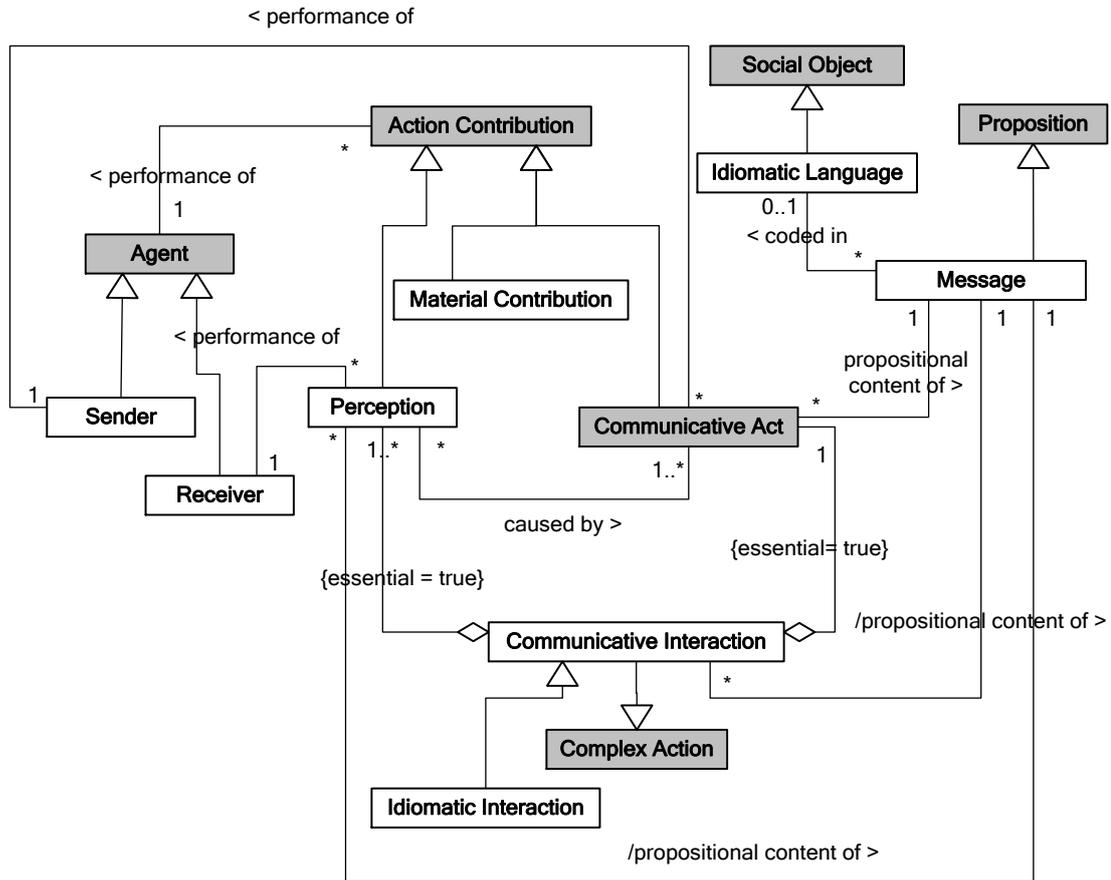


Figura 6. Ontologia de Comunicação

A Figura 7 exibe a Ontologia de Coordenação, sendo que os conceitos em cinza são provenientes da UFO e os conceitos em branco da Ontologia de Coordenação.

Ações (**Action**) que criam recursos (**Resource**) podem ter tipos de dependências conhecidas como dependências de fluxo (Figura 8), que estão relacionadas à criação, localização e usabilidade dos recursos (**Resource**). Na dependência de fluxo (**Flow**) uma ação (**Action**) produz um recurso (**Resource**) que é usado por outra ação (**Action**), produzindo uma situação (**Situation**), na qual esse recurso passa a existir. Além da dependência de *flow*, existe também a dependência de encaixe (**Fit**) (Figura 9), na qual um recurso (**Resource**) é produzido através da execução de mais de uma ação (**Action**) ao mesmo tempo. O reconhecimento desses diversos tipos de dependência pela coordenação é essencial para uma análise das possíveis estratégias de coordenação. Grupos colaborativos (**CollaborationGroup**) são formados por agentes (**Agent**) e são definidos por acordos colaborativos (**CollaborativeAgreement**). Tais grupos reconhecem e respeitam regras conhecidas como protocolo (**Protocol**), permitindo que a colaboração entre os mesmos aconteça. Esse protocolo (**Protocol**) ainda é responsável pelas regras que definem os papéis

colaborativos (*CollaborativeRole*) assumidos por Agentes (*Agent*). Levando em consideração aspectos colaborativos um Recurso é definido como Exclusivo (*ExclusiveResource*), quando não pode ser utilizado de forma simultânea ou Compartilhável (*SharableResource*), caso possa ser utilizado simultaneamente.

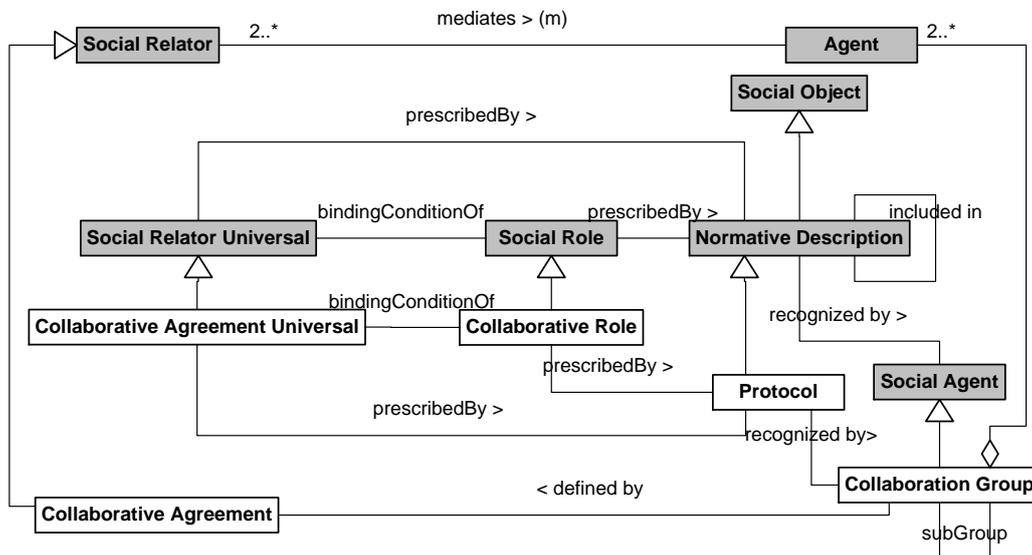


Figura 7. Ontologia de Coordenação.

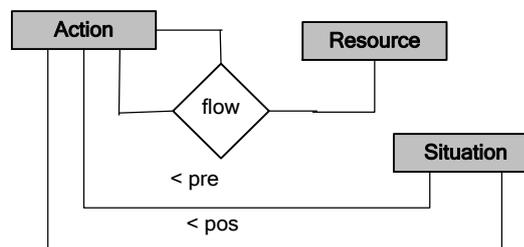


Figura 8. Ontologia de Coordenação - dependência de Fluxo (Flow)

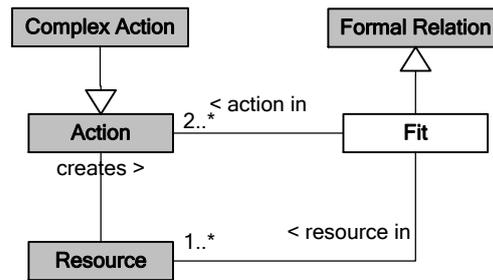


Figura 9. Ontologia de Coordenação - dependência de Encaixe (Fit)

A Figura 10 exibe a Ontologia de Cooperação, sendo que os conceitos em cinza são provenientes da UFO e os conceitos em branco da Ontologia de Cooperação.

Na Ontologia de Cooperação os Agentes (**Agent**) participam de uma Sessão Colaborativa (**CollaborativeSession**) desempenhando Papéis Colaborativos (**CollaborativeRole**). Estes papéis são assumidos por Agentes (**Agent**) e são mediados por um Acordo Colaborativo (**CollaborativeAgreement**). Os Papéis Colaborativos (**CollaborativeRole**) são caracterizados por Comprometimentos Fechados (**ClosedCommitment**), ou seja, compromissos para atingir certos objetivos realizando ações específicas. Ao assumir um Papel Colaborativo (**CollaborativeRole**), um Agente (**Agent**) adota os objetivos prescritos para aquele papel. Uma Sessão Colaborativa (**CollaborativeSession**) é materializada por participações/contribuições que são resultados dos Compromissos Fechados (**ClosedCommitment**) assumidos nesses papéis. Por fim, Papéis que são ligados pelo mesmo Acordo Colaborativo (**CollaborativeAgreement**) não podem prescrever objetivos conflitantes. Esta condição diferencia um acordo colaborativo de um compromisso social genérico.

Um Ambiente (**Site**) representa o local onde uma Sessão Colaborativa (**CollaborativeSession**) acontece (**Happens in**), podendo ser Virtual (**Virtual Site**) ou Real (**Real Site**). Um ambiente é dito Virtual se estiver sendo simulado por uma ferramenta de software e é Real se existir no mundo real, existindo em um espaço físico concreto.

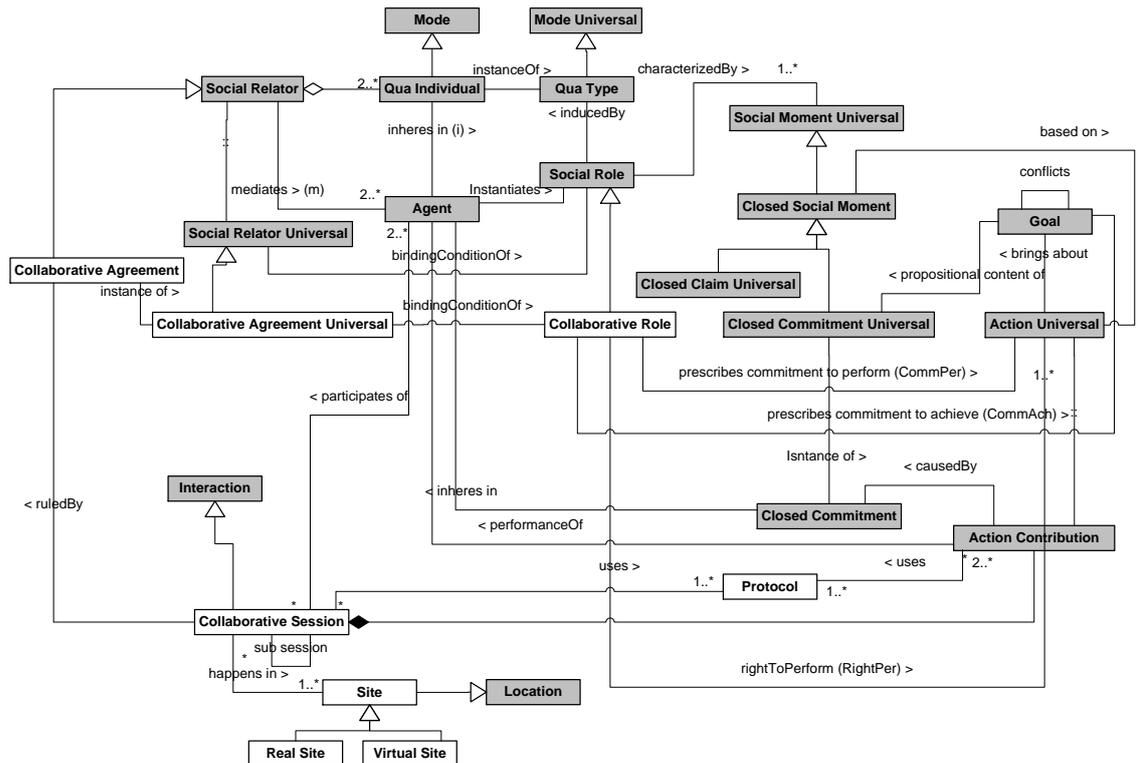


Figura 10. Ontologia de Cooperação.

### 3.2.2 Ontologia de colaboração na rede – CNO (Collaborative Network Ontology)

Rajsiri e outros (2008) definiram uma ontologia de colaboração para redes colaborativas na internet, denominada CNO (*Collaborative Network Ontology*), que é composta pela ontologia de colaboração CO (*Collaboration Ontology*) e pela ontologia de processo colaborativo CPO (*Collaborative Process Ontology*).

A ontologia de colaboração CNO detalha a colaboração na rede, características e serviços dos participantes. A rede de colaboração (*Collaborative Network*) possui objetivos comuns (*Common Goal*) para a obtenção de serviços abstratos (*Abstract Service*). Os participantes (*Participant*) desempenham papéis (*Role*). A rede pode possuir vários tipos de topologias (*Topology*), com uma determinada duração (*Duration*), com características para a tomada de decisão (*Power*) e pode conter relacionamentos (*Relationship*). Seguem abaixo os principais conceitos utilizados na ontologia (Figura 11):

- Participante (*Participant*): pode ser um indivíduo ou uma empresa.
- Rede de Colaboração (*Collaborative Network*): formada pelo conjunto de participantes, que trabalham juntos para responder um ou vários objetivos comuns, e pelo conjunto de relacionamentos entre os participantes.
- Papel (*Role*): define a responsabilidade dos participantes na rede.

- Objetivo Comum (*Common Goal*): descreve a razão pela qual a rede existe.
- Serviço Abstrato (*Abstract Service*): é um serviço de alto nível que explica as competências e o conhecimento dos participantes.
- Relacionamento (*Relationship*): define a existência de interação entre dois participantes. Podem ser de três tipos: Competição (*Competition*), Grupos com o mesmo interesse (*Group of interest*) e formado por clientes que também são Fornecedores (*Supplier-customer*).
- Topologia (*Topology*): descreve a estrutura geral da rede colaborativa.
- Poder (*Power*): descreve o comportamento e a orientação para a tomada de decisão na rede. Pode ser Centralizado (*Central*), de Forma Equilibrada (*Equal*) e Hierarquizada (*Hierarchic*).
- Duração (*Duration*): descreve a frequência de interações ocorridas durante a colaboração na rede. Pode ser Contínua (*Continuous*) ou Não-Contínua (*Discontinuous*).

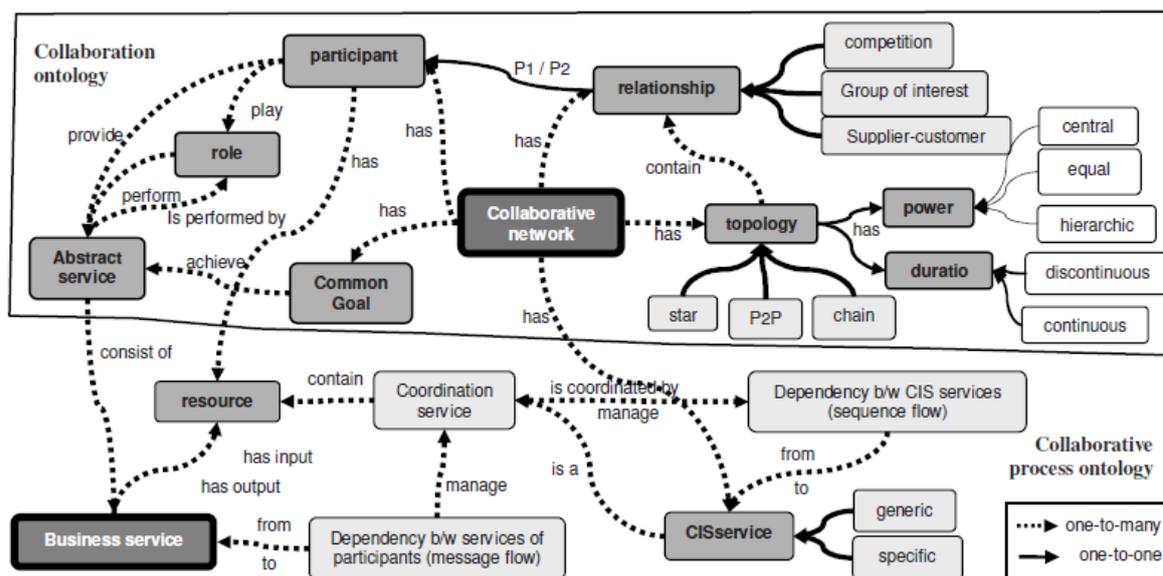


Figura 11. Ontologia CNO proposta por Rajsiri e outros (2008)

A ontologia de processo colaborativo define um Serviço de Negócio (*Business Service*), o qual detalha a tarefa dos participantes em um nível funcional, com recursos (*Resource*) de entrada e saída. Dois Serviços de Negócio são dependentes entre si quando compartilham o mesmo recurso. Cada dependência está associada a um Serviço de

Coordenação (*Coordenation Service*), que gerencia a dependência entre os dois Serviços de Negócio.

### 3.2.3 Ontologia de colaboração CO e CPO

Knoll e outros (2010) desenvolveram uma ontologia baseada na linguagem de modelagem para processo de grupo GPML (Group Process Modeling Language) (KNOLL et al, 2008), que adota o padrão de projeto *ThinkLet*.

O padrão *ThinkLet* (VREEDE et al, 2006) é uma documentação sobre como obter efeitos previsíveis com pessoas que estão trabalhando de forma colaborativa, para alcançar objetivos comuns. Os padrões de colaboração do *ThinkLet* são classificados como: Gerar (*Generate*), Reduzir e Esclarecer (*Reduce and Clarify*), Organizar (*Organise*), Avaliar (*Evaluate*) e Definir consenso (*Build Consensus*). Por exemplo, o *ThinkLet* “*DirectBrainstorming*” documenta uma técnica específica para realizar o “*Brainstorming*”, com o propósito de gerar coletivamente um conjunto de ideias criativas.

Segundo Knoll e outros (2010), as ontologias definidas anteriormente, CONTO (OLIVEIRA et al, 2007) e CNO (RAJSIRI et al, 2008), poderiam modelar o padrão de projeto de colaboração *ThinkLet*. A CONTO (OLIVEIRA et al, 2007) poderia modelar o padrão de projeto de colaboração por utilizar os conceitos de Participante (*Participant*), Participação (*Participation*), Ação de Colaboração (*Collaboration Action*) e Protocolo (*Protocol*). Segundo Oliveira e outros (2007), o conceito Participação apenas distingue eventos atômicos, realizados com ou sem a troca de uma mensagem. A ontologia também não fornece conceito para definir as condições para o fluxo de participação, necessárias para a definição de sequências de atividades previstas em relação ao comportamento dos participantes.

A ontologia de Rajsiri e outros (2008) poderia modelar um padrão de projeto de colaboração, devido aos conceitos definidos: Participante, Papel, Serviço Abstrato, Serviço de Negócios, Recursos, Objetivo Comum e dependências de Serviços de Participantes. Além disso, a dependência de serviços entre os participantes só define as condições para um fluxo de mensagens entre as atividades dos participantes. Como resultado, a ontologia não modela um fluxo de participação que pode ser adaptado em relação aos comportamentos resultantes ou recursos gerados (KNOLL et al, 2010).

A ontologia definida por Knoll e outros (2010) foi dividida em duas ontologias (Figura 12), de forma semelhante à ontologia de Rajsiri e outros (2008): uma, denominada ontologia

de colaboração (*Collaboration Ontology* - CO), que descreve o ponto de vista externo da colaboração; e outra, denominada ontologia de processo de colaboração (*Collaboration Process Ontology*- CPO) contém os conceitos da descrição interna dos processos de colaboração.

Os principais conceitos utilizados pela ontologia de colaboração são:

- Cliente (*CollaborationClient*): indica uma pessoa ou um grupo de pessoas que tem a necessidade de colaboração.
- Objetivo (*CollaborationObjective*): denota uma meta estabelecida pelo Cliente (*CollaborationClient*) para alcançar o resultado desejado.
- Tarefa (*CollaborationTask*): denota um passo para atingir o objetivo (*CollaborationObjective*) de forma colaborativa .
- Processo (*CollaborationProcess*): denota a parte na qual os participantes interagem com a finalidade de colaboração; a implementação de um determinada tarefa (*CollaborationTask*).
- Resultado (*CollaborationResult*): denota o resultado real do processo colaborativo.
- Critério de Qualidade (*QualityCriterion*): denota um critério que resulta de um objetivo (*CollaborationObjective*), utilizado para a avaliação do resultado (*CollaborationsResult*).

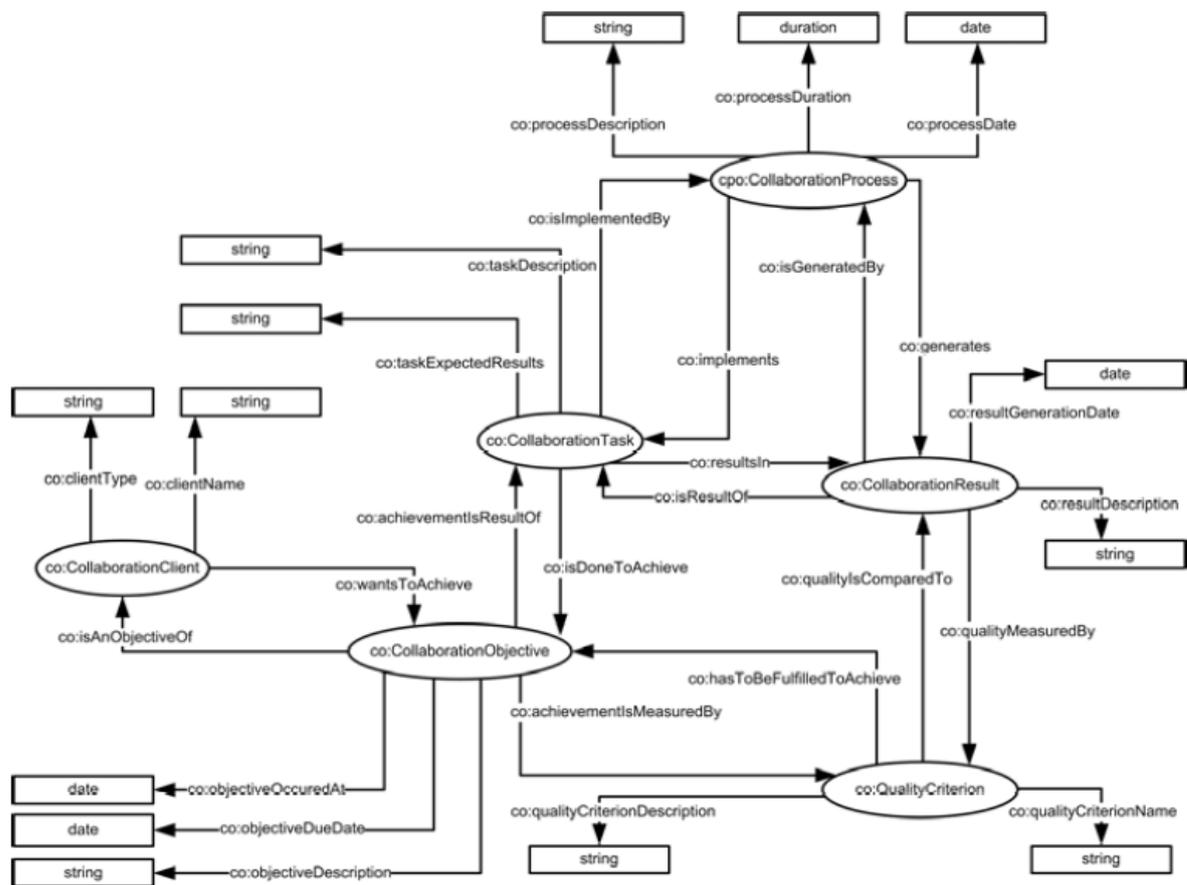


Figura 12. Ontologia de Colaboração proposta por Knoll e outros (2010)

A ontologia de processo de colaboração é composta por agentes (pessoas ou máquinas de apoio ao processo, como computadores), informações estruturais sobre o processo de colaboração e artefatos que são produzidos ou consumidos pelo processo. Sua base é composta por:

- **Agente (*Agent*):** é o Sistema (*System*) ou o Participante (*Participant*), que executa uma atividade relacionada com o processo de colaboração.
- **Habilidade (*Skill*):** descreve uma habilidade necessária para um papel (*Role*) ou participante (*Participant*) executar uma tarefa (*Task*).
- **Papel (*Role*):** denota um conjunto de comportamentos, direitos e obrigações.
- **Grupo (*Group*):** denota alguns participantes (*Participants*), que trabalham juntos no processo colaborativo, como um grupo.

O *ThinkLet* denota o conceito de uma atividade colaborativa reutilizável para a criação de um padrão conhecido de colaboração. Knoll e outros (2010) definiram o padrão de colaboração com o conceito *CollaborationPattern*.

Para medir o sucesso do padrão de colaboração, os conceitos *ThinkLetObjective* e *ThinkLetQualityCriteria* foram definidos. Um processo de colaboração pode ser dividido em uma seqüência de diferentes *ThinkLets*. Para modelar uma ordem definida de *ThinkLets*, uma pré-condição chamada *ThinkLetCondition* deve ser cumprida para que ele seja executado.

Seguem abaixo os principais conceitos utilizados pela ontologia de processo de colaboração (CPO) (KNOLL et al, 2010):

- *CollaborationProcess*: denota a parte em que os participantes interagem com a finalidade de Colaboração.
- *ThinkLet*: denota um padrão de design para o trabalho colaborativo e todas as informações relevantes para a criação de um padrão de colaboração.
- *CollaborationPattern*: denota um padrão de projeto abstrato para a colaboração.
- *ThinkLetObjective*: denota uma meta estabelecida pelo engenheiro colaboração para descrever um resultado desejado; motivação para o ThinkLet.
- *ThinkLetQualityCriterion*: denota um critério que resulta do ThinkLetObjective, utilizado para avaliar o resultado (ThinkLetResult).
- *ThinkLetCondition*: denota uma condição de um ThinkLet que pode ser testada e que resulta em um valor lógico.
- *ThinkLetResult*: denota o resultado real de um ThinkLet.
- *Condition*: denota a condição que deve ser testada e que resulta em um valor lógico.
- *ThinXel*: denota um passo simples em uma *ThinkLet*. Ele define relação entre o agente, a instrução, a atividade a que se destina e o resultado esperado, com certos artefatos.

Quadro 1. Comparação das Ontologias de Colaboração

	<b>CONTO</b> (OLIVEIRA, 2009)	<b>CNO</b> (RAJSIRI et al, 2008)	<b>CO + CPO</b> (KNOLL et al, 2010)
<b>CARACTERÍSTICA</b>	Ontologia de Fundamentação – UFO	-	Padrão de Colaboração - ThinkLet
<b>ESTRUTURA</b>	Modelo 3C: Comunicação, Coordenação e Cooperação	Ontologia de Colaboração na rede	Ontologia de Colaboração Ontologia de Processo de Colaboração

### 3.3 Considerações finais

Nesta seção foram apresentados os principais conceitos da Ontologia de Fundamentação Unificada (UFO), desenvolvida por Guizzardi (2005) e utilizada para o desenvolvimento da Ontologia de Colaboração de Oliveira (2009), uma ontologia de domínio, baseada do modelo 3C de Colaboração (Cooperação, Coodenação e Cooperação). Além disso, foram estudadas duas outras ontologias que capturam o domínio de colaboração (RAJSIRI et al, 2008; KNOLL et al, 2010).

As principais características das ontologias de colaboração estudadas encontram-se listadas no Quadro 1. Apenas a CONTO utilizou uma ontologia de fundamentação para o seu desenvolvimento e foi usada como base do presente trabalho, sendo uma referência para a identificação dos aspectos relacionados à Colaboração, de acordo com a estrutura do Modelo 3C de colaboração. As demais ontologias não usaram uma ontologia de fundamentação e não foram consideradas como modelo de referência para o domínio de colaboração, além de não abranger todos os aspectos relacionados à coordenação, cooperação e comunicação do Modelo 3C.

## 4 Modelo conceitual de observação da colaboração

---

Para definir um modelo de observação da colaboração genérico, um processo foi utilizado para garantir a adequação e consistência lógica dos conceitos relacionados ao modelo. Este capítulo explica o processo definido para a construção do modelo de observação da colaboração. O objetivo não é apresentar uma definição de processo abrangente, mas explicar as etapas usadas para desenvolver e avaliar o modelo conceitual proposto. Além disto, este capítulo discute os elementos do modelo em detalhe, mostrando como a Ontologia de Fundamentação Unificada (UFO) pode ser utilizada como base do que se costuma chamar de análise ontológica, na qual um conjunto de categorias básicas serve de guia para identificação e associação dos conceitos do domínio, além de já fornecer um conjunto de regras para que o modelo derivado seja consistente e mais expressivo.

Este capítulo aborda o processo e respectivo modelo conceitual desenvolvido. Na seção 4.1 as etapas do processo utilizado para a construção do modelo conceitual de observação são explicadas. Na seção 4.2 o modelo conceitual proposto no presente trabalho é apresentado e na seção 4.3 as considerações finais do capítulo são explicadas.

### 4.1 Processo de construção do modelo de observação da colaboração

Inicialmente, o modelo conceitual foi obtido a partir dos elementos da ontologia CONTO (OLIVEIRA; ANTUNES; GUIZZARDI, 2007) e complementado por atividades de análise ontológica baseada na Ontologia de Fundamentação Unificada (UFO) (GUIZZARDI, 2005). Posteriormente, o modelo foi aperfeiçoado de forma iterativa. A modelagem conceitual é um processo que se repete e é refinado várias vezes durante a sua construção (KUNG, 1989).

O modelo de observação da colaboração foi usado para construir um modelo de simulação, para avaliar o modelo conceitual e para verificar se o mesmo abrangia todos os aspectos observados nos cenários reais. Este modelo de simulação representa o comportamento do modelo em um cenário real e produz um arquivo de log que pode ser usado para ajudar o desenvolvimento de agentes de aprendizagem (REKABDAR; SHADGAR; OSAREH, 2012).

A fim de avaliar o modelo conceitual e validar o modelo de simulação, um experimento real foi planejado e executado. Assim, como mostrado na Figura 13, no

processo definido, o modelo conceitual é aplicado na fase de planejamento do experimento real. Os resultados são avaliados para verificar se o modelo contempla aspectos fundamentais da colaboração, como comunicação, coordenação e cooperação. Após a avaliação, quando os resultados não são satisfatórios, executa-se um refinamento para ajustá-lo. Se considerados satisfatórios, então o modelo atingiu a estabilidade e pode ser utilizado.

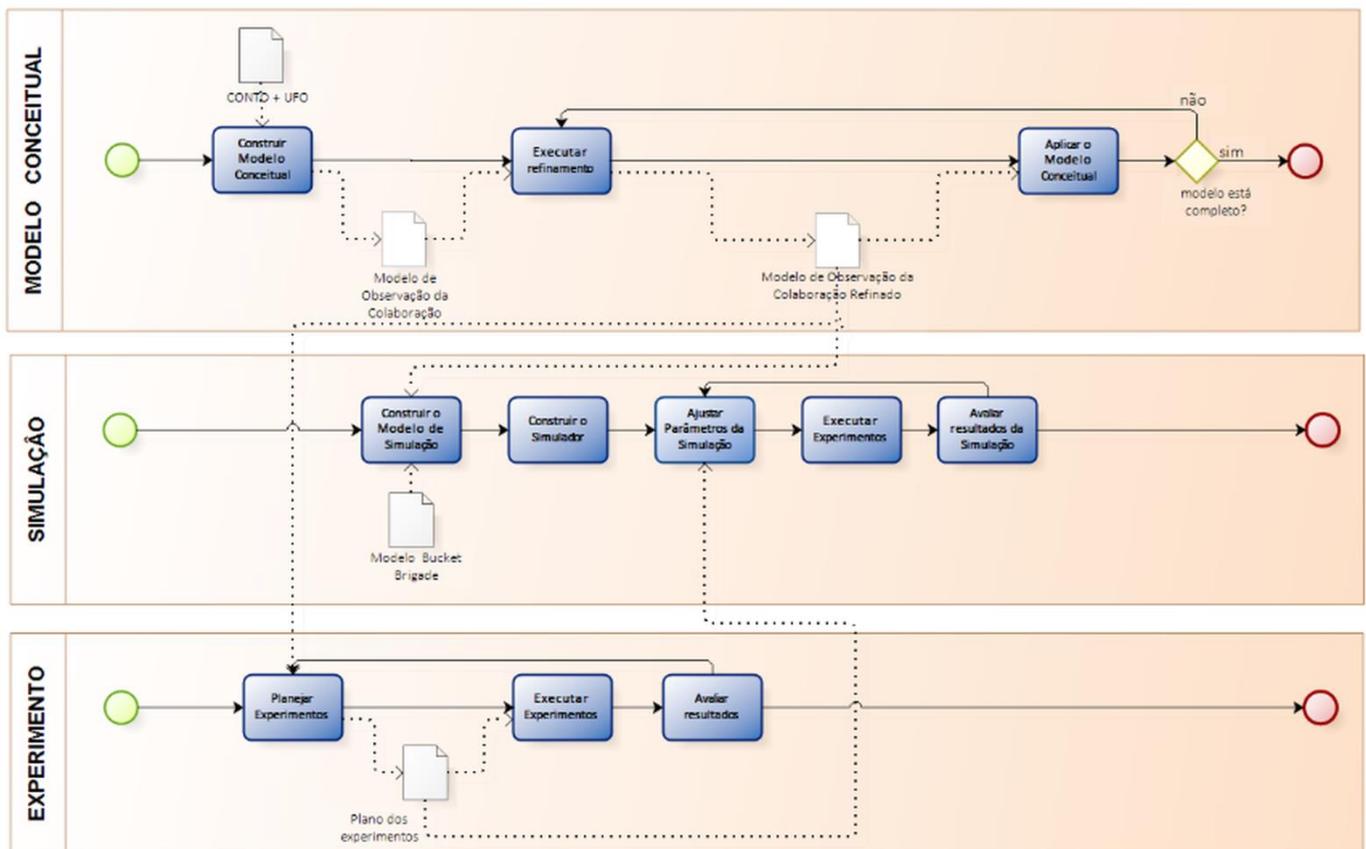


Figura 13. Esquema para o desenvolvimento do Modelo de Observação da Colaboração

#### 4.1.1 Modelo conceitual

Para que o modelo conceitual possa representar adequadamente a realidade do domínio do problema, deve possuir informações precisas e claras dos aspectos modelados, sem a ocorrência de ambiguidades (VILLELA; OLIVEIRA; BRAGA, 2004). Esse modelo pode apresentar falhas, porque muitas vezes os profissionais envolvidos na tarefa de modelagem não possuem o conhecimento claro sobre os conceitos e termos do domínio.

Para poder representar o domínio de colaboração de forma adequada, a CONTO, ontologia de domínio de colaboração já existente na literatura, foi utilizada como uma ferramenta de apoio à tarefa de modelagem conceitual, para facilitar o entendimento e conhecimento do domínio a ser modelado. Complementarmente, para a extensão com novos elementos relativos aos aspectos da observação, adotamos uma estratégia de análise ontológica baseada na Ontologia de Fundamentação Unificada (UFO), onde características como identidade, rigidez e dependência podem ser analisadas permitindo uma melhor definição dos conceitos e relações do modelo, permitindo a identificação de problemas estruturais.

A identidade estabelece um conjunto de características únicas, que distingue uma determinada instância de uma classe das outras instâncias (GUARINO; WELTY, 2000). Outra característica ligada ao conceito da identidade é a rigidez. Uma propriedade é considerada rígida se é aplicável a todas as instâncias de uma determinada entidade ao longo do tempo (GUIZZARDI, 2005). A dependência (GUARINO; WELTY, 2000) é uma característica na qual a existência de um indivíduo resulta necessariamente na existência de outro indivíduo. Outra questão relacionada à noção de dependência é a situação em que a existência de uma entidade depende da existência simultânea de outra, denotando um acoplamento forte entre elas (GUIZZARDI, 2005).

- Construir Modelo Conceitual: a partir dos elementos da ontologia de domínio CONTO (OLIVEIRA, 2009) e da ontologia de fundamentação UFO, o Modelo Conceitual de Observação da Colaboração é construído.
- Executar refinamento: após a execução do experimento e da simulação, é realizada uma análise dos resultados obtidos, de forma a garantir a completude do modelo conceitual proposto. No refinamento novos conceitos são adicionados ao modelo para que o mesmo seja mais expressivo e represente o domínio de forma mais expressiva.
- Aplicar o Modelo Conceitual: o modelo conceitual construído é aplicado no experimento real e na simulação. Caso o modelo ainda não esteja adequado, deve ser refinado de acordo com os resultados obtidos no experimento e na simulação. Se não for necessária

a execução de refinamentos, o modelo conceitual está completo o suficiente para ser utilizado de forma não ambígua.

#### **4.1.2 Simulação**

A simulação detalha as atividades relacionadas ao modelo conceitual de observação, sendo uma ferramenta utilizada para avaliar o desempenho de um sistema existente ou proposto, reduzindo a possibilidade de falhas nos documentos de especificação (MARIA, 1997). Essas atividades serão explicadas posteriormente no capítulo 6. Cabe ressaltar que, a simulação foi desenvolvida com base no modelo conceitual construído e executada com os dados do cenário real do experimento.

- Construir o Modelo de Simulação: o modelo de simulação é definido a partir do modelo conceitual construído, seguindo os passos de planejamento e desenvolvimento necessários para a execução da simulação.
- Construir o Simulador: o simulador é implementado de acordo com o modelo de simulação definido, em uma linguagem de programação específica, que permita representar os dados de uma situação real.
- Ajustar Parâmetros da Simulação: o simulador é ajustado de acordo com os dados do experimento real, de forma a refletir a realidade. As variáveis iniciais são configuradas para que seja possível executar a simulação.
- Executar Experimentos: nessa fase ocorre a execução de experimentos, com o objetivo de identificar possíveis melhorias não identificadas inicialmente, na construção do simulador. Para a execução da simulação foram utilizados os cenários definidos no experimento real.
- Avaliar resultados da Simulação: os resultados da simulação são avaliados para verificar se a representação da observação da colaboração está adequada e de acordo com os conceitos definidos no modelo conceitual proposto.

### 4.1.3 Experimento Real

Descreve as atividades relacionadas à realização do experimento real. Estas atividades serão explicadas posteriormente na Seção 5.

- Planejar Experimentos: para a execução do experimento real, um determinado cenário, que representa o modelo conceitual definido, é escolhido para que seja possível executar o experimento. Esta fase produz o Plano de Experimento, que possui as estratégias que serão adotadas em cada rodada do experimento e que serve de base para o ajuste dos parâmetros usados na simulação.
- Executar Experimentos: o experimento é executado em várias rodadas, de acordo com o Plano do Experimento definido, sendo os resultados anotados para posterior avaliação.
- Avaliar resultados dos Experimentos: os resultados obtidos no experimento são avaliados para verificar se o modelo conceitual representa o domínio necessário para a observação da colaboração.

## 4.2 Modelo conceitual proposto

Para a construção do modelo conceitual proposto a ferramenta de modelagem *Enterprise Architect* (EA) foi utilizada, com o perfil UML OntoUML (GUIZZARDI, 2005). O *plugin* da OntoUML para o *Enterprise Architect* (EA) foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa NEMO<sup>2</sup>. A OntoUML é uma extensão da UML 2.0 (*Unified Modeling Language*), ontologicamente bem fundamentada, que possui um metamodelo isomórfico à UFO-A. É composta por um conjunto de estereótipos, que representam as categorias ontológicas dos tipos de universais propostos na UFO-A e restrições que regem as possíveis relações que esses elementos podem ter. A UFO-A aborda questões como (a) noções de tipos e suas instâncias; (b) objetos, e suas propriedades intrínsecas; (c) a relação entre identidade e classificação; (d) distinções entre tipos e suas relações; (e) relações parte-todo (GUIZZARDI, 2005), além de classes, propriedades, relacionamentos e regras.

---

<sup>2</sup> <http://nemo.inf.ufes.br/>

Com relação à modelagem apresentada, foram feitas algumas simplificações:

- Em vários pontos do modelo, onde seria adequada a utilização de Relações Materiais e Relators, optou-se por representar o relacionamento via ligação direta entre as classes; e
- Não foi contemplada a perspectiva de planejamento ou definição de sessões e atividades, mas sim sua execução. No entanto, a modelagem é de fácil extensão para contemplar esta perspectiva, contemplando, neste caso, tipos ao invés de ocorrências (por exemplo, *activity type* e não *activity occurrence*).

#### 4.2.1 Pacote de Coordenação

De forma análoga à CONTO, os Grupos Colaborativos (*Collaborative Groups*) são formados por Participantes (*Participants*) e são definidos por Acordos de Colaboração (*Collaborative Agreements*), que representam condições para a definição de Papéis (*Roles*). Esses grupos reconhecem regras conhecidas como Protocolo (*Protocol*), permitindo que a colaboração entre os elementos do grupo aconteçam. Esse Protocolo, derivado da CONTO, estabelece regras, reconhecidas pelo grupo, que definem Papéis Colaborativos (*Collaborative Roles*) desempenhados pelos Agentes (*Agents*).

O Grupo Colaborativo (*Collaborative Group*) é especializado: (i) no Grupo de Observação (*Observation Group*), que observa as atividades em uma Sessão Colaborativa (*Collaborative Session*); e (ii) no Grupo de Operação (*Operation Group*), que realiza as atividades em uma Sessão Colaborativa (*Collaborative Session*), sendo observada de acordo com uma perspectiva. O Grupo de Observação (*Observation Group*) representa o Grupo Colaborativo definido para observar a sessão de colaboração, e consiste no conjunto de participantes, definidos por acordos de colaboração, que têm o papel de observadores. Esse grupo pode ser Remoto (*Observation Group Remote*) ou Local (*Observation Group Local*). O Grupo de Operação (*Operation Group*) representa o Grupo Colaborativo definido para executar as ações em uma Sessão Colaborativa.

Os Papéis de Colaboração (*Collaborative Roles*), que são derivados da CONTO, representam os papéis que cada participante deve executar em um grupo. Eles são caracterizados por Acordos Fechados (*Closed Commitments*) para atingir determinados objetivos através da realização de ações específicas. O Acordo Fechado é um conceito da UFO-C e é um Compromisso (*Commitment*) realizado por um Agente (*Agent*), que já

pressupõe a definição de determinadas ações, sendo considerado dessa forma “Fechado”. Ao executar um Papel de Colaboração, o Agente adota os objetivos prescritos para esse papel. Os Papéis da Participação (*Participation Roles*) representam os papéis que os participantes devem executar em um grupo colaborativo, temporariamente ou permanentemente, e que são observados.

A organização de um grupo envolve a definição de papéis assumidos pelos participantes. Cada papel está associado a um conjunto de responsabilidades. O participante pode desempenhar um papel na Sessão Colaborativa, realizando uma tarefa em que a quantidade de energia necessária, utilizada durante a execução das atividades, pode influenciar no resultado obtido pelo grupo. O participante também tem um contexto que pode mudar durante a execução de tarefas, que indica a sua situação em uma Sessão Colaborativa. Se necessário, o participante, devido a um fato inesperado, pode alterar a execução de suas tarefas. Os seguintes papéis foram definidos no modelo:

- Coordenador: pessoa cujo papel é o de ser responsável pela coordenação das atividades na Sessão Colaborativa;
- Observado: pessoa cujo papel é o de ser responsável pela execução de ações no âmbito da Sessão de Colaboração, com o objetivo de alcançar um objetivo; e
- Observador: pessoa cujo papel é o de ser responsável por observar e registrar as ações realizadas na Sessão Colaborativa.

A coordenação é fundamental em qualquer trabalho de colaboração, a fim de evitar a duplicação de esforços e assegurar a integração entre as partes individuais envolvidas em um grupo.

Como exemplo, é possível observar os membros da equipe (*Operation Group*) de um projeto responsável pelo desenvolvimento de software, tais como: Gerente de Projeto, Analista de Requisitos, Arquiteto de Software e Desenvolvedor, assumindo vários papéis (*Participation Roles*) para execução das atividades. O grupo pode ser observado (*Observation Group*) para verificar o andamento das atividades da equipe. A Figura 14 e o Quadro 2 detalham o pacote de Coordenação do modelo conceitual.

Quadro 2. Dicionário do Pacote de Coordenação

Entidade	Descrição/ Atributos/Operações
<i>Observation Group</i>	<p>Representa o grupo colaborativo definido para observar a sessão colaborativa. É formado pelo conjunto de participantes, definidos por Acordos Colaborativos, que são observadores.</p> <p><u>Atributos:</u>  nome (<i>name</i>) – nome do grupo de observação  lista de observadores (<i>observers</i>) – participantes com o papel de observadores</p>
<i>Operation Group</i>	<p>Representa o grupo colaborativo definido para executar as ações em uma sessão colaborativa. É formado pelo conjunto de participantes, definidos por Acordos Colaborativos, que são observados ou coordenadores.</p> <p><u>Atributos:</u>  nome (<i>name</i>) – nome do grupo colaborativo  lista de observados (<i>IObserved</i>) - participantes com o papel de observados  lista de coordenadores (<i>ICoordinators</i>) - participantes com o papel de coordenador</p>
<i>Participant</i>	<p>Representam os agentes, definidos por Acordos Colaborativos, que desempenham um papel no grupo de colaboração.</p> <p><u>Atributos:</u>  identificação (<i>identification</i>) – identifica o participante da sessão colaborativa de forma única  nome (<i>name</i>) – nome do participante  papel (<i>role</i>) – papel que o participante pode desempenhar durante uma sessão colaborativa  energia (<i>energy</i>) – energia do participante que o capacita a executar as atividades de forma mais rápida  capacidade (<i>skill</i>) – representa a habilidade do participante para executar as atividades  posição (<i>position</i>) - localização do participante  contexto (<i>contexto</i>) – estado do participante</p>
<i>ParticipationRole</i>	Representa os papéis que os agentes podem desempenhar em cada grupo colaborativo.
<i>Coordinator</i>	Representa o participante responsável por coordenar as atividades na sessão colaborativa.
<i>Observed</i>	Representa o participante responsável por executar ações dentro da sessão colaborativa, visando a atingir um objetivo.
<i>Observer</i>	Representa o participante responsável por observar e registrar as ações executadas na sessão colaborativa.

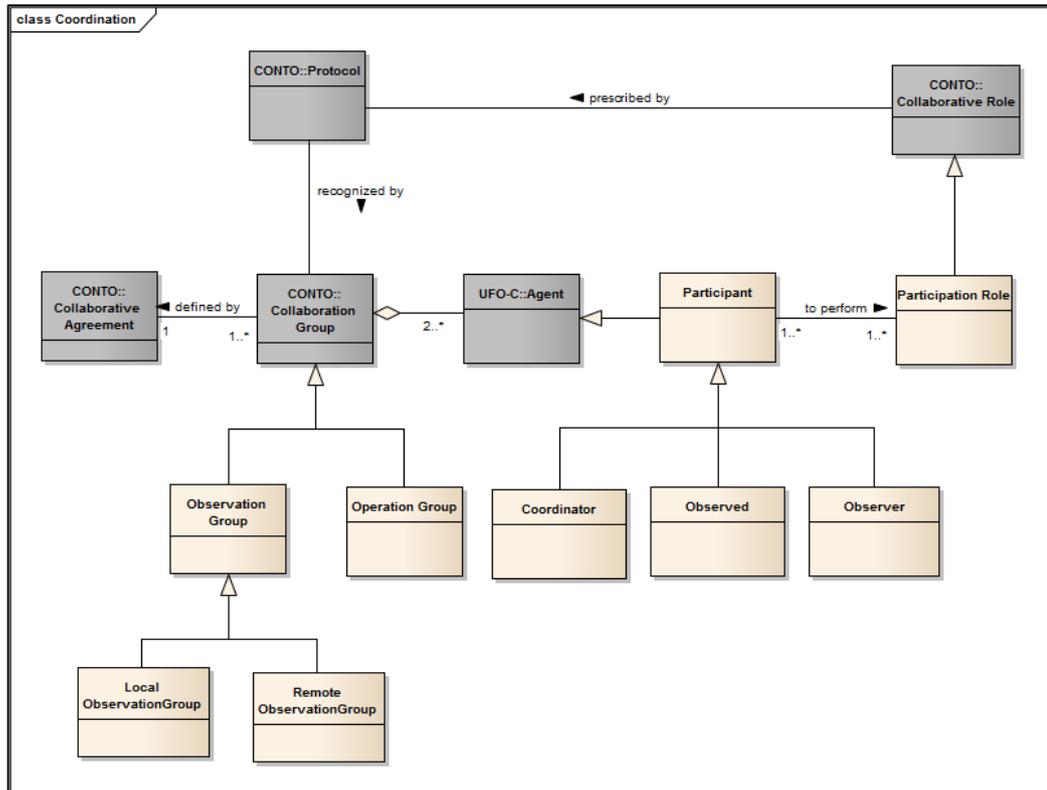


Figura 14. Pacote de Coordenação

#### 4.2.2 Pacote de Cooperação

A atividade de observação contempla perspectivas que representam os aspectos a serem observados, de acordo com os pontos de vista específicos, seguindo regras acordadas. A observação está associada a um arquivo (*Data Log*) que registra as atividades que estão sendo realizadas na Sessão Colaborativa, de acordo com a perspectiva de observação.

Em uma Sessão de Observação, a Operação de Observação (*Observation Operation*) é uma Operação Colaborativa (*Collaborative Operation*) que é executada pela equipe de observadores. Nesta sessão, há sempre a Ocorrência da Operação a ser observada (*Operation Occurrence*), que foi causada por uma Operação de Observação (*Observation Operation*).

No pacote de cooperação os conceitos relativos a eventos, objetos e agentes foram especializados a partir dos elementos da UFO-B e UFO-C. A ocorrência de uma ação em uma Sessão Colaborativa é definida como Ocorrência da Atividade (*Cooperation Activity Occurrence*), podendo ser Complexa (*Complex Activity Occurrence*), quando é composta de uma ou mais atividades atômicas, ou Atômica (*Atomic Activity Occurrence*), quando não pode ser decomposta em outras atividades. A Atividade Atômica está associada a uma Atividade de Observação (*Observation Activity Occurrence*), que representa a observação que

ocorre em uma Sessão Colaborativa. A Atividade de Observação ocorre em um intervalo de tempo (*Step*) e possui uma Situação de Observação (*Observation Situation*), que caracteriza a ocorrência de uma atividade (pré-estado / pós-estado).

Durante a execução da Atividade de Observação (*Observation Activity Occurrence*), há a alocação de Recursos Humanos (*Human Resource Allocation*) para a execução de uma determinada atividade. A alocação do Recurso Humano na atividade executada é um tipo de delegação (*Delegatum*) na UFO, em que o grupo colaborativo é o delegante (*delegator*) e o Recurso Humano é o delegado (*delegatee*).

Um Recurso Humano (*Human Resource*) realiza as atividades da Sessão Colaborativa, utilizando um Recurso Material (*Material Resource*). O Recurso Material é um substancial inanimado e seu tipo de participação deve corresponder ao tipo de participação de recurso definido na UFO-C, ou seja, de uso.

O Plano de Trabalho (*Work Plan*) define o planejamento das atividades do grupo e a estratégia de trabalho a ser executada. As Atividades Complexas são divididas em atividades menores e alocadas a diferentes participantes.

Um Evento (*Event*) pode modificar a Sessão Colaborativa, ocasionando a execução de novas atividades, podendo ser planejado e não planejado. Os Eventos Esperados (*Expected Events*) correspondem a situações que foram previamente planejadas. Os Eventos Não Esperados (*Unexpected Events*) são situações que não estavam previstas e que devem ser resolvidas o mais rápido possível pelo grupo envolvido. Eles têm uma complexidade que determina o tempo de execução do evento.

Como exemplo, é possível imaginar as atividades (*AtomicActivityOccurrence*) realizadas para a consecução de um objetivo, de acordo com um planejamento (*WorkPlan*), como a análise de um caso de uso, durante a elicitación de requisitos. Para a realização desta atividade, dois ou mais profissionais (*HumanResource*), que utilizam/geram artefatos (*Resource Material*), podem ser alocados (*HumanResourceAllocation*).

Durante a execução das atividades, eventos planejados (*Expected Events*) podem ocorrer, tais como a falta de um usuário de negócio ou o aumento da complexidade inicial planejada, o que pode alterar o desempenho das atividades. Tais eventos podem modificar o tempo e os custos relativos às atividades. Todas estas atividades (*ObservationActivitiesOccurrences*) podem ser observadas e registradas (*DataLog*) para uso posterior.

As Figuras 15 e 16 e o Quadro 3 detalham o pacote de **Cooperação** do modelo conceitual.

Quadro 3. Dicionário do Pacote de Cooperação

Entidade	Descrição
<i>ObservationSession</i>	<p>Representa o evento de observação, no qual os participantes interagem com o propósito de colaboração.</p> <p><u>Atributos:</u>            equipe (<i>team</i>) – representa a equipe de observados            grupo de observação (<i>obsGroup</i>) – representa a equipe de observadores            atividade de observação (<i>obsActivity</i>) – representa a atividade de observação associada à sessão colaborativa</p>
<i>ObservationOperation</i>	<p>Representa a operação colaborativa executada em uma sessão colaborativa e observada pela equipe de observadores.</p> <p><u>Atributos:</u>            sessão de observação (<i>observationSession</i>) – representa a sessão colaborativa            recurso material (<i>materialResource</i>) – representa o recurso material que será utilizado na execução da operação            operação (<i>operation</i>) – representa a sequencia de execução das atividades que ocorrem na sessão colaborativa.</p>
<i>OperationOcurrance</i>	<p>Representa a ocorrência da operação observada.</p>
<i>ObservationObjective</i>	<p>Representa o objetivo relacionado à observação da sessão colaborativa.</p>
<i>ColaborationActivityOcurrance</i>	<p>Representa a ocorrência de uma ação em uma sessão colaborativa sem a troca de mensagem.</p> <p><u>Atributos:</u>            passo (<i>step</i>) – tempo em que a ação ocorre            estado Inicial (<i>stateInicial</i>) – estado antes da ocorrência da ação            estado Final (<i>stateFinal</i>) – estado depois da ocorrência da ação</p>
<i>ComplexActivityOcurrancy</i>	<p>Representa a ocorrência de uma atividade que pode ser composta por uma ou mais atividades atômicas.</p>
<i>AtomicActivityOcurrancy</i>	<p>Representa a ocorrência de uma atividade.</p> <p><u>Atributos:</u>            nome (<i>name</i>) - nome da atividade            prioridade (<i>priority</i>) – prioridade de uma atividade em relação a outra</p>

	completude ( <i>completeness</i> ) - representa o percentual executado da ação
<i>MaterialResource</i>	Representa o recurso material utilizado para a execução das atividades.
<i>HumanResource</i>	Representa o recurso humano que executa as atividades da sessão colaborativa.
<i>HumanResourceAllocation</i>	Representa a alocação do recurso humano para a execução de uma determinada atividade.
<i>WorkPlan</i>	Representa a estratégia de trabalho a ser executada pelo grupo colaborativo.
<i>ObservationActivityOcurrance</i>	Representa a atividade de observação que ocorre em uma sessão colaborativa.  <u>Atributos:</u> sessão de observação ( <i>obsSession</i> ) – representa a sessão colaborativa a ser observada visão ( <i>perspectiva</i> ) – tipo de visão que representa o aspecto a ser observado. registro de log ( <i>dataLog</i> ) – registro da atividade de observação
<i>DataLog</i>	Representa o registro das atividades observadas.  <u>Atributos:</u> arquivo ( <i>fileObj</i> ) – representa o arquivo que armazena as informações das atividades que estão sendo executadas na sessão colaborativa, de acordo com a perspectiva da observação. nome ( <i>fileName</i> ) – nome do arquivo
<i>ExternalEvent</i>	Representa os eventos que modificam a sessão colaborativa, ocasionando a execução de atividades.  <u>Atributos:</u> nome ( <i>name</i> ) – nome do evento complexidade ( <i>complexity</i> ) - representa a complexidade do evento
<i>ExpectedExternalEvent</i>	Representa os eventos previstos, que modificam a sessão colaborativa.
<i>UnexpectedExternalEvent</i>	Representa os eventos não previstos, que modificam a sessão colaborativa.



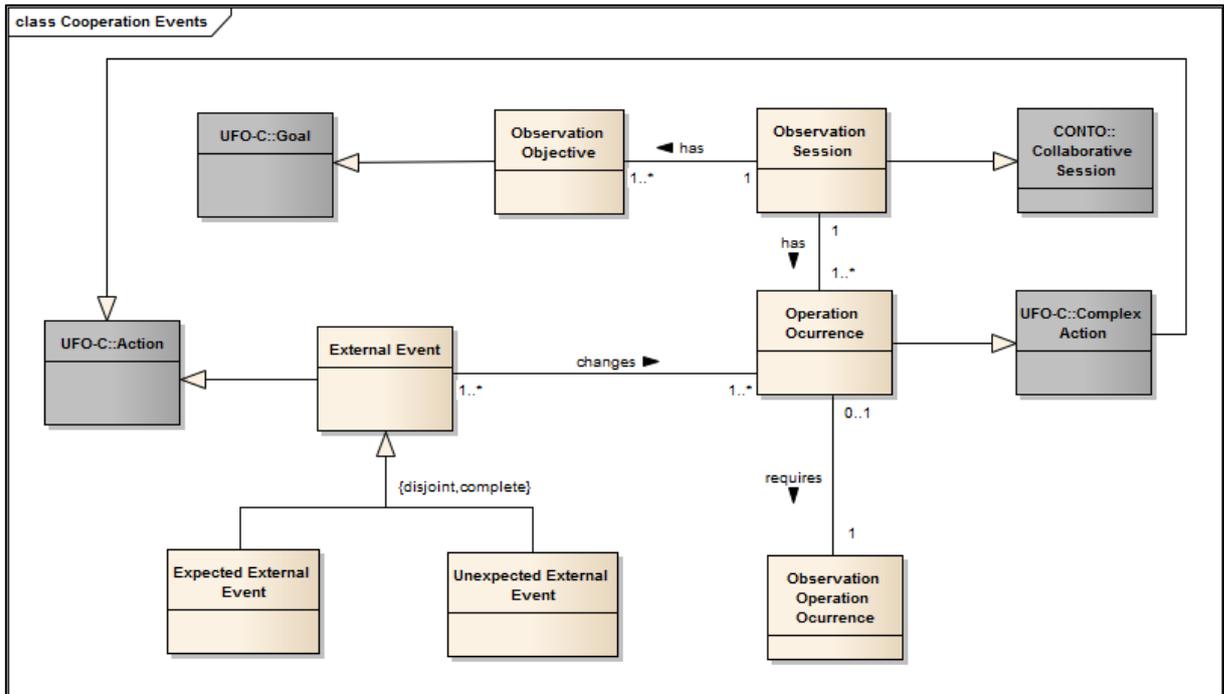


Figura 16. Pacote de Cooperação - Eventos

### 4.2.3 Pacote de Comunicação

De forma semelhante à CONTO, os agentes participam em uma sessão colaborativa por meio de Atos Intencionais de Contribuições (*Action Contribution*), que podem ser Materiais (*Material Contribution*) ou Comunicativas (*Communicative Act*). Atos comunicativos têm um conteúdo ou mensagem (*Message*) proposicional. A Interação Comunicativa (*Communicative Interaction*) é composta de um Ato Comunicativo (*Communicative Act*) e uma Percepção (*Perception*) deste ato comunicativo por diferentes Agentes Envolvidos - Emissor (*Sender*)/ Receptor(*Receiver*).

Cabe esclarecer que no pacote de Comunicação, o Participante (*Participant*) é uma pessoa que participa de Acordos de Colaboração (*Collaborative Agreements*). Uma Sessão de Observação (*Observation Session*) é uma Sessão Colaborativa (*Collaborative Session*) e representa o evento em que os participantes interagem com um determinado objetivo e colaboram entre si para a realização desse objetivo.

A Mensagem da Observação (*Observation Announcement*) representa a mensagem que é trocada entre os participantes da Sessão Colaborativa. A Mensagem pode ser Interna (*Internal Announcement*), quando trocada entre os participantes, na Sessão Colaborativa; ou Externa (*External Announcement*), quando o participante que enviou a mensagem é uma pessoa fora da Sessão Colaborativa.

Como exemplo, é possível imaginar a comunicação entre dois ou mais membros da equipe (*Participant*), em que as mensagens (*Internal Announcement/ External Announcement*) podem ser capturadas e trocadas durante a execução das atividades. Uma mensagem pode resultar na execução de novas atividades.

A mensagem possui uma forma de comunicação, que pode ser textual, verbal ou utilizar linguagem corporal ou de sinais. Além disso, também pode utilizar um determinado meio de transmissão.

A Figura 17 e a Quadro 4 detalham o pacote de **Comunicação** do modelo conceitual. Os conceitos oriundos da UFO e CONTO encontram-se em cinza.

Quadro 4. Dicionário do Pacote de Comunicação

Entidade	Descrição
ObservationAnnouncement	Representa a mensagem que precisa ser trocada entre os participantes da sessão colaborativa.  <u>Atributos:</u> nome ( <i>name</i> ) – nome da mensagem origem da mensagem ( <i>sender</i> ) - participante que envia a mensagem destino da mensagem ( <i>receiver</i> ) – participante que recebe a mensagem, com uma determinada percepção
InternalAnnouncement	Representa a mensagem trocada entre agentes, internamente na sessão colaborativa.
ExternalAnnouncement	Representa a mensagem trocada entre agentes, onde necessariamente o participante que enviou a mensagem é uma pessoa externa à sessão colaborativa.
ObservationSession	É uma Sessão Colaborativa e representa o evento de observação, no qual os participantes interagem com o propósito de colaboração.
Participant	Conceito explicado no Pacote de Coordenação.
Agent	Conceito oriundo da CONTO. Representa a pessoa que participa do ato comunicativo.
Sender	Conceito oriundo da CONTO. Representa a pessoa que emite a mensagem.
Receiver	Conceito oriundo da CONTO. Representa a pessoa que recebe a mensagem.

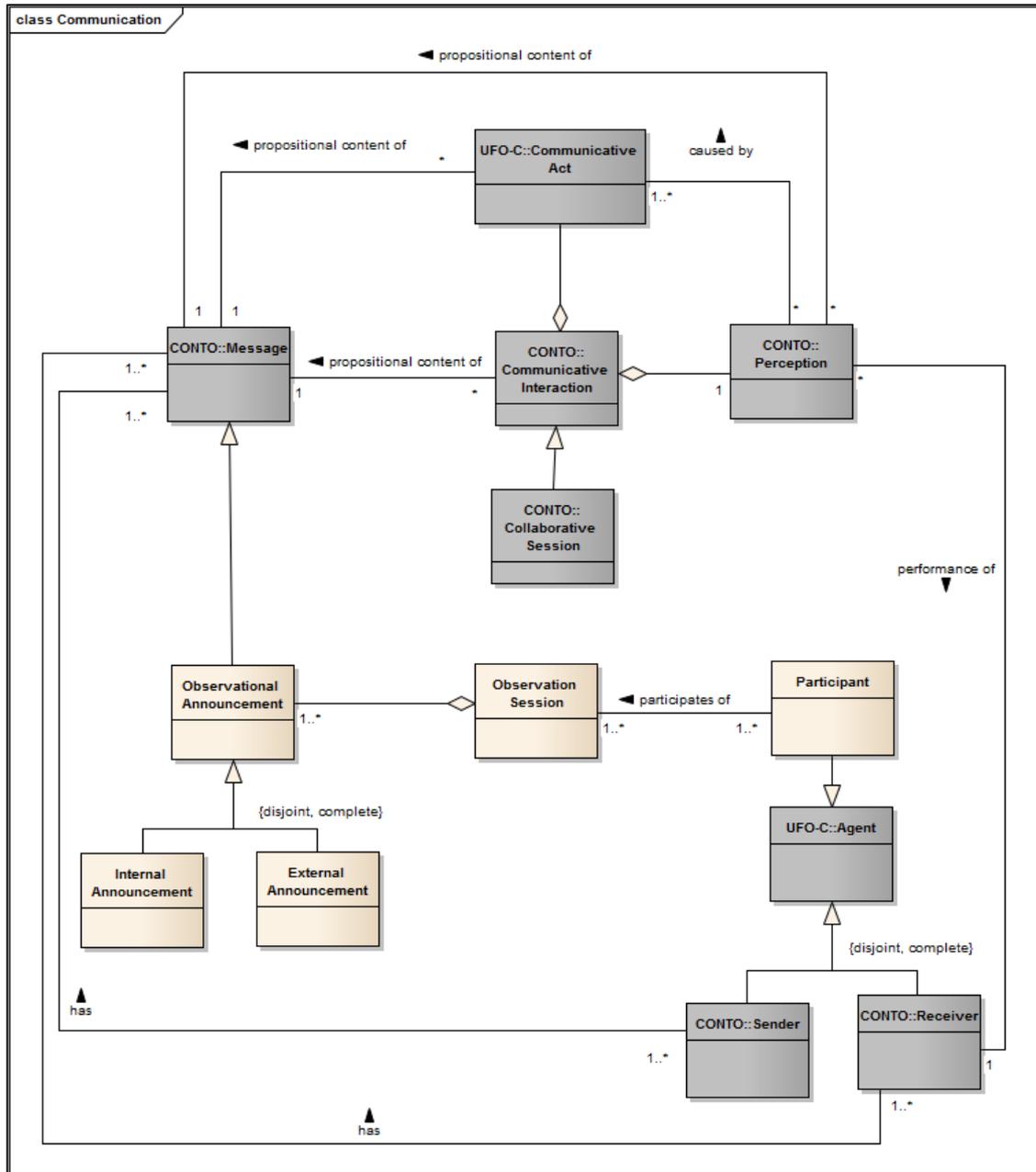


Figura 17. Pacote de Comunicação

### 4.3 Considerações Finais

A definição de um processo para a construção do modelo de observação da colaboração auxiliou na definição dos elementos do modelo e no planejamento e execução das atividades relacionadas ao experimento e à simulação. Nos capítulos 5 e 6, serão explicadas as etapas para o planejamento e execução do experimento e da simulação, de acordo com o processo definido.

O modelo inicial proposto foi refinado após a avaliação dos resultados obtidos nos experimentos e na simulação, para garantir que o modelo conceitual representava o domínio necessário para a observação da colaboração e para a representação do que foi observado no cenário real. No capítulo 7 é apresentado o modelo conceitual refinado.

## 5 Experimentos

---

Para avaliar o modelo conceitual de observação, foram realizados dois experimentos com um cenário real, para avaliar a abrangência e consistência do modelo conceitual desenvolvido, em relação aos aspectos observados de colaboração, de acordo com uma determinada realidade. O objetivo do experimento era coletar subsídios, não só para o modelo conceitual, mas também para o modelo de simulação.

O experimento foi composto pelas etapas de planejamento, execução e avaliação. Na fase de planejamento foram definidas as estratégias e objetivos de cada rodada executada. Na execução todos os dados foram observados e anotados para posterior análise e na avaliação o modelo foi analisado de acordo com as características observadas durante o experimento.

Na seção 5.1 é apresentada uma descrição do cenário utilizado no experimento. Nas seções 5.2 e 5.3, o primeiro e o segundo experimentos são explicados e suas respectivas etapas são detalhadas. Na seção 5.4 são apresentadas as considerações finais do capítulo.

### 5.1 Descrição do cenário de aplicação do experimento

Para realizar o experimento real, foi utilizado o cenário do "Bucket Brigade" (Brigada de Baldes - Figura 18). Este cenário, já conhecido na literatura, foi escolhido porque, apesar de ser simples, permite observar as atividades de comunicação, colaboração e coordenação realizadas pelo grupo, bem como, a observação e análise de situações não esperadas (GENTIL; CAMPOS; BORGES, 2014). Na verdade, exatamente por ser simples, permite que se adote uma abordagem sistemática de planejamento do experimento e também de sua execução e análise.

O modelo da Brigada de Baldes é a base de uma linha de montagem moderna. É um método de transportar baldes de água de uma fonte de água de baixa pressão para um local onde ele é necessário, quando uma fonte de água não está disponível, como um incêndio. No passado, esse método era usado em situações de incêndio, quando não havia condições para transportar água em caminhões.

A pessoa na fonte de água enche o balde com água e passa para a próxima pessoa da fila. O balde é então transmitido de pessoa para pessoa, até que a última pessoa na linha

esvazie o balde no fogo. Os baldes vazios podem ser transportados de volta para a fonte de água.



Figura 18. Brigada de Baldes

## 5.2 Primeiro experimento

### 5.2.1 Planejamento

O primeiro experimento ocorreu com a participação de 12 alunos do Grupo de Engenharia do Conhecimento da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sendo realizado em JAN2014, em um espaço dentro do CCMN (Centro de Ciências Matemática e da Natureza) na UFRJ. Este experimento foi realizado com um grupo menor de alunos, sem a utilização de água, porque o objetivo desse experimento era a coleta de informações para a realização de outro experimento mais completo, com a participação de mais alunos.

Neste experimento, foram realizadas cinco rodadas, cada uma com a duração de 4 minutos, com doze baldes sem água. Antes do experimento uma reunião foi realizada com o objetivo de explicar o objetivo do trabalho e, em seguida, os membros do grupo começaram a interagir uns com os outros para definir a estratégia do trabalho e os respectivos papéis a serem desempenhados pela equipe para atingir os objetivos.

Para a análise de cada estratégia executada foi definida a quantidade de baldes que foram transportados de um ponto até o outro, em um mesmo intervalo de tempo.

O objetivo principal desse experimento foi avaliar o modelo conceitual e coletar as informações dos cenários reais, que foram usadas para o planejamento e execução da simulação. O experimento demandou um ajuste no modelo de simulação, para que o mesmo pudesse representar as diferentes estratégias que foram definidas no experimento real, além de permitir o planejamento do segundo experimento, que foi realizado com um cenário bem mais próximo da realidade.

### 5.2.2 Execução

Durante a realização do experimento, para cada rodada, foi executada uma estratégia diferente, com as seguintes características:

#### Primeira rodada

Estratégia – Uma linha formada por um Coordenador (*Coordinator*), um agente para encher o balde (*Agent to Dip*), um agente para despejar o balde (*Agent to Dump*), oito agentes para passar o balde (*Agent Line*), e um Corredor (*Runner*).

Baldes transportados – 86

- O Coordenador (*Coordinator*) trocou de papel com o Corredor (*Runner*) duas vezes, para não sobrecarregar esse membro da equipe. Não houve a ocorrência de eventos não esperados.

#### Segunda rodada

Estratégia – Uma linha formada por um Coordenador (*Coordinator*), cinco agentes para passar o balde (*Agent Line*), dois agentes para despejar o balde (*Agent to Dip*), dois agentes para encher o balde (*Agent to Dump*) e dois Corredores (*Runners*).

Baldes transportados: 111

- Houve a ocorrência de eventos esperados: o balde caiu duas vezes, seguindo até o final da fila e o Corredor (*Runner*) foi alterado três vezes.

#### Terceira rodada

Estratégia – Duas linhas formadas por cinco participantes (um agente para encher o balde - *Agent to Dip*, três agentes para passar o balde - *Agent Line*, um agente para despejar o balde - *Agent to Dump*, em cada linha) e dois Corredores (*Runners*). Um membro executou o papel de coordenador e agente ao mesmo tempo.

Baldes transportados: 153

- O Corredor (*Runner*) não trocou de papel. Como o Coordenador (*Coordinator*) teve que acumular funções, ele não conseguiu identificar os problemas que ocorreram nesta rodada.

- Os agentes, que estavam enchendo os baldes, ficaram temporariamente sem baldes.

#### **Quarta rodada**

Estratégia – Duas linhas de cinco agentes (um agente para encher o balde - *Agent to Dip*, três agentes para passar o balde - *Agent Line*, um agente para despejar o balde - *Agent to Dump*, em cada linha), e dois Corredores (*Runners*) no meio das duas linhas para reduzir a movimentação durante o experimento.

Baldes transportados: 140

- Os participantes que estavam enchendo e esvaziando os baldes precisaram ser substituídos.

#### **Quinta rodada**

Estratégia – Duas linhas: uma formada por seis estudantes (um agente para encher o balde - *Agent to Dip*, quatro agentes para passar o balde - *Agent Line*, um agente para despejar o balde - *Agent to Dump*) e outra formada por quatro Corredores (*Runners*).

Baldes transportados: 110

- O objetivo desta estratégia foi de melhorar o retorno dos baldes à origem, reduzindo o deslocamento do Corredore (*Runner*).

- Esta estratégia não foi eficaz, porque foi um pouco mais lenta do que a anterior.

Algumas características de colaboração foram observadas na execução das atividades em grupo, sendo avaliada a adequação do modelo aos conceitos da realidade:

- Na Comunicação
  - Os participantes conversaram entre si para trocar experiências, durante a execução das atividades, e também para mudar de papéis em atividades.
  - As mensagens trocadas pelo grupo, por meio da linguagem falada e gestos, ajudaram o grupo a realizar as atividades e manter o acesso simultâneo ao balde (Recurso Material), contribuindo para a manutenção de uma comunicação eficaz e para a colaboração.
  
- Na Coordenação
  - Cada participante realizou um papel dentro do grupo, em que foi responsável pela implementação de algumas atividades, a fim de alcançar um objetivo definido pelo grupo. Os seguintes papéis foram definidos: coordenador (*Coordinator*), que podia intervir em atividades do grupo; agente para encher o balde (*Agent to Dip*), que enchia os baldes na fonte de água; agente para despejar o balde (*Agent to Dump*), que esvaziava os baldes no destino; agente para passar o balde (*Agent Line*), que estavam na fila para pegar e passar o balde para o próximo agente; e Corredor (*Runner*), que voltava com os baldes vazios para a fonte de água.
  - O grupo de observadores não interagiu com o grupo observado.
  - O Coordenador (*Coordinator*) determinou regras para o grupo e realizou a troca de papéis e estratégias durante o experimento.
  
- Na Cooperação
  - Em cada rodada, o grupo observado teve como objetivo definir uma estratégia eficiente (plano de trabalho), para transportar uma quantidade maior de baldes em um tempo fixo.
  - Cada participante (Recurso Humano) foi alocado em uma atividade com o balde (Recurso Material).
  - Houve ocorrências de eventos esperados, tais como: os participantes deixaram os baldes cair e também, às vezes, uma "quantidade de água" do balde foi perdida; participantes que estavam desempenhando papéis específicos precisaram ser

substituídos; e um membro do grupo precisou ser removido porque não se sentiu bem durante o experimento.

- Os resultados obtidos pelo grupo de observação, como características, estratégias, tarefas e eventos, foram registradas em notas (Arquivo de log).

### 5.2.3 Avaliação do modelo de observação da colaboração

Após a execução do experimento, uma análise foi realizada para verificar se todos os aspectos de colaboração foram cobertos pelo modelo, como detalhado abaixo.

Cabe ainda ressaltar que os dados obtidos neste experimento foram publicados em artigo específico, no CRIWG2014 - *Collaborative Research International Working Group* (GENTIL; CAMPOS; BORGES, 2014).

- Análise da Comunicação:

A comunicação é um dos fatores mais importantes para a realização do trabalho em equipe. Para que a comunicação seja eficaz, existem algumas informações que precisam ser passadas para todo o grupo ou para determinados grupos individuais. Durante o experimento a comunicação foi um elemento essencial para que os participantes pudessem tomar conhecimento dos problemas que ocorreram na execução das atividades como, por exemplo, o acúmulo de baldes no início da fila. O experimento indicou que cada participante do grupo observado não deve apenas realizar suas tarefas específicas, mas também deve ter consciência do contexto dos outros participantes para uma colaboração efetiva, sendo a comunicação indispensável para isto. As informações do contexto, individual e do grupo, auxiliam na execução das atividades e precisaram ser adicionadas ao modelo conceitual original.

- Análise da Coordenação:

O coordenador da equipe observada tem um papel fundamental no desempenho das atividades. Assim, ele precisa trabalhar com alguns aspectos observados durante a execução

de atividades, tais como a parte psicológica de cada participante ou até mesmo o seu cansaço durante as tarefas, que é um fator esperado e parte das características físicas dos participantes. No entanto, a parte psicológica não fazia parte do modelo conceitual original, mostrando-se, ao longo deste trabalho um aspecto relevante. A ciência dos aspectos observados, antes do início das tarefas, por parte do Coordenador pode contribuir para o êxito na execução das mesmas, uma vez que ele poderá distribuir os participantes de forma mais adequada.

- **Análise da Cooperação:**

A ocorrência de eventos esperados pode causar diferentes tipos de ações em resposta. Por exemplo, se o balde cai no chão, é possível trazer o balde de volta para o início para enchê-lo novamente ou carregá-lo para o fim da fila, ainda vazio. Isto foi observado e pode ser atendido pelo modelo conceitual original.

### **5.3 Segundo experimento**

#### **5.3.1 Planejamento**

O segundo experimento ocorreu com a participação de 50 alunos de graduação da turma de Sistemas de Informação, de 2014/2, do professor Marcos Borges e de uma aluna de doutorado, que auxiliou na observação do exercício. Foi realizado no posto do Corpo de Bombeiros da Ilha do Fundão, no Estado do Rio de Janeiro (Figura 19).



Figura 19. Realização do Segundo Experimento no Corpo de Bombeiros

Os alunos foram divididos em dois grupos de 20 alunos (A e B) e foram realizadas 5 rodadas. A primeira rodada foi executada pelo grupo (A) e a segunda rodada pelo grupo (B). A estratégia utilizada pelos dois grupos foi a mesma, sendo formada uma única linha, com 15 participantes na linha e 5 corredores, que se deslocavam do final para o início da linha para pegar os baldes vazios e trazê-los até o início da linha. Na terceira e na quarta rodada, os grupos repetiram o experimento com outra estratégia, sendo formadas duas linhas, uma encarregada de levar os baldes até o final da linha e outra encarregada de retornar os baldes vazios para o início da linha. A última rodada foi executada em conjunto pelos dois grupos, com a utilização de três linhas, duas para levar o balde cheio até o final da fila e uma para retornar os baldes vazios para o início da linha.

Alguns alunos auxiliaram nas atividades de apoio ao experimento, sendo um aluno encarregado de cronometrar o tempo de cada rodada, um de filmar o experimento e outro de contar os baldes que chegavam até o final da linha.

No início da linha foi usado uma galão de 4 mil litros, que foi abastecido duas vezes durante o experimento. No final da linha foram usados dois recipientes de 200 litros cada. A distância entre o galão e os dois recipientes era de 15 metros.

### 5.3.2 Execução

As principais questões observadas durante o experimento encontram-se listadas abaixo.

#### **Primeira rodada – Grupo A – Tempo de Execução: 6 min. Baldes utilizados: 20**

Estratégia – 1 linha formada por 15 participantes e 5 corredores

Baldes transportados - 96

Recipientes de 200 litros cheios – 2 (400 litros)

- A primeira pessoa da fila começou a encher dois baldes por vez.
- Ocorreu muito desperdício de água.
- Os corredores começaram a voltar com 3 baldes, para serem mais ágéis.
- A linha começou a ficar mal organizada, ficando difícil a identificação de quem estava na linha e de quem estava como corredor.
- Foram realizadas trocas entre os participantes da linha, durante o experimento.
- No início da fila muitos baldes se acumularam para encher. No final da linha os estudantes ficaram esperando o balde chegar.
- Durante o experimento, a segunda pessoa da fila começou a ajudar a primeira a encher os baldes.
- Os baldes foram empilhados, quando retornavam para o início da fila, o que dificultou a utilização dos mesmos.

#### **Segunda rodada – Grupo B – Tempo de Execução: 6 min. Baldes utilizados: 20**

Estratégia – 1 linha formada por 15 participantes e 5 corredores

Baldes transportados - 82

Recipientes de 200 litros cheios – 1,5 (300 litros)

- Os corredores começaram a voltar com 3 baldes.

- Os baldes não foram cheios totalmente, para facilitar o transporte dos mesmos.
- O grupo estava mais lento para executar as atividades, sempre passavam um balde de cada vez.
- Foram realizadas menos trocas de papéis do que o primeiro grupo.
- Formou-se um gargalo no início da linha, com muitos baldes vazios.
- Os baldes não foram empilhados pelos corredores, facilitando o trabalho do pessoal que enchia os baldes.
- Houve menos desperdício de água do que o primeiro grupo.
- O grupo foi menos eficiente que o primeiro, porque transportaram uma quantidade menor de baldes e encheram menos os recipientes.

**Terceira rodada – Grupo A – Tempo de Execução: 5 min. Baldes utilizados: 20**

Estratégia – 2 linhas, sendo 1 linha formada por 14 participantes e outra por 6 corredores fixos, que não se movimentaram

Baldes transportados - 86

Recipientes de 200 litros cheios – 2 (400 litros)

- Os participantes do início da linha estavam recebendo e passando dois baldes, para conseguirem ser mais ágeis, mas isso ocasionou reclamação de outros participantes.
- Ocorreu um gargalo no final da linha para despejar a água. Os corredores estavam esperando juntar dois baldes para poder retornar os baldes, o que ocasionou um gargalo no final da linha.
- Os corredores passaram a jogar os baldes, ao invés de passar de mão em mão.
- O último corredor começou a organizar os baldes no início da linha para ajudar a pessoa que estava enchendo os baldes.
- Houve pouca troca de papéis entre os participantes.
- Houve menor desperdício de água.
- Houve um pequeno tumulto porque um balde caiu durante o experimento e a linha foi interrompida por um instante.
- No início da linha, um pouco antes do tempo acabar, o participante do início da linha começou a encher os baldes.

**Quarta rodada – Grupo B – Tempo de Execução: 5 min. Baldes utilizados: 20**

Estratégia – 2 linhas, sendo 1 linha formada por 14 participantes e outra por 6 corredores fixos, que não se movimentaram

Baldes transportados - 57

Recipientes de 200 litros cheios – 1,25 (250 litros)

- O grupo estava mais organizado e mais devagar.
- Houve menos desperdício
- Chegaram baldes sem água no final da fila.
- O grupo começou a se comunicar melhor. Alguns membros pediram que os baldes fossem passados mais rápido.
- Houve troca de participantes, devido ao cansaço do grupo.
- Não houve gargalo no final da linha.

**Quinta rodada – Grupos A e B – Tempo de Execução: 4 min. Baldes utilizados: 30**

Estratégia – 3 linhas, 2 formadas por 15 participantes e uma formada por 6 corredores fixos

Baldes transportados - 108

Recipientes de 200 litros cheios – 2 (400 litros)

- Houve um gargalo no final da linha e no início da linha faltaram baldes (Para resolver, levaram 7 baldes empilhados, de volta para o início da linha).
- O último corredor ficou esperando juntar vários baldes para retornar, o que prejudicou um pouco o início da linha.
- Os dois recipientes ficaram cheios com 98 baldes, em 3,5 minutos.

### **5.3.3 Avaliação**

Durante o experimento, não foi usado o papel de coordenador no grupo que estava executando o experimento. Os observadores passaram a desempenhar esse papel quando necessário.

Em relação à comunicação, houve pouca interação entre os elementos do grupo durante o experimento, que passaram a se comunicar após a execução do primeiro exercício. Algumas vezes, houve a intervenção dos observadores, para alertar algumas situações, como por exemplo, o acúmulo de baldes no início e final da linha.

Durante a execução de uma das rodadas, foi observada a definição de novos papéis/atividades, com o intuito de melhorar a eficiência do grupo. Um dos membros do grupo, com o intuito de auxiliar no início da linha, passou a entregar os baldes na mão da pessoa que enchia os baldes, definindo assim um novo papel para a execução das atividades. Um dos membros em outra rodada, que estava executando o papel de corredor, passou a organizar os baldes no início da linha para agilizar a tarefa de encher os baldes.

Houve a ocorrência de eventos esperados, como por exemplo, os baldes caírem durante o experimento. Em uma das ocasiões, houve um atraso muito grande e a linha praticamente parou para poder contornar a situação. Houve também a falta de baldes no início da fila na execução do último experimento. Essa situação foi contornada pelos membros do grupo que pediram para acelerar o retorno dos baldes.

Foram também observados eventos que não estavam previstos, como por exemplo, a ocorrência de uma parada aleatória, durante a execução das atividades, ocasionada por uma situação de dúvida por parte dos participantes, que acharam que já tinham alcançado o objetivo final de encher os dois recipientes e que já poderiam parar o exercício.

A quinta estratégia executada foi a melhor e a mais eficiente, porque em 3,5 minutos os participantes conseguiram encher dois recipientes de 200 litros. Dessa forma, em 5 minutos, fazendo uma equivalência por regra de três, seriam transportados 140 baldes e 570 litros de água, resultando numa estratégia melhor do que as anteriores.

#### **5.4 Considerações Finais**

Com a execução dos experimentos foi possível reproduzir e aplicar um cenário real, no qual foi possível realizar a observação dos aspectos de colaboração, assim como avaliar o modelo conceitual proposto e refiná-lo. Após a realização do experimento, foi possível observar questões importantes que permitiram a inclusão de novos conceitos no modelo conceitual original.

Além disso, as variáveis observadas no cenário real puderam ser introduzidas no modelo de simulação. A simulação desenvolvida a partir do modelo conceitual será explicada no próximo capítulo.

Cabe ressaltar que a observação pode ser muito útil no registro das informações relacionadas a uma atividade e coleta dos dados. Se uma pessoa executa uma atividade com algum conhecimento prévio, coletado em observações anteriores, ela pode contornar possíveis problemas mais rapidamente e até mesmo propor outra solução.

## 6 Simulação

---

Para avaliar o modelo de observação da colaboração foi aplicado de forma empírica em um modelo de simulação, utilizando o caso da Brigada de Baldes, para que fosse possível avaliar a adequação e expressividade empregada nos conceitos do modelo. A seção 6.1 explica os fundamentos de uma simulação e a 6.2 detalha o modelo inicialmente construído, a partir do modelo conceitual de observação e do modelo da Brigada de Baldes.

Com a realização do experimento real, foi possível incorporar algumas características no modelo de simulação, para que esse modelo representasse de forma mais fidedigna as características e variáveis observadas no cenário real. As seções 6.3 e 6.5 detalham a execução do modelo de simulação a partir dos dados usados no experimento real, e as seções 6.4 e 6.6 descrevem uma análise das simulações executadas.

### 6.1 Conceito de simulação e suas etapas

Banks e outros (2005) definem simulação como sendo a imitação da operação de um processo ou sistema ao longo do tempo, envolvendo a geração e análise da história artificial de um sistema real com o objetivo de inferir informações acerca das características do sistema. O comportamento de um sistema real ou hipotético ao longo do tempo é estudado a partir de um modelo de simulação, que é formado por uma série de considerações lógicas, matemáticas e simbólicas sobre o relacionamento entre os objetos de interesse do sistema.

A simulação é uma ferramenta para avaliar o desempenho de um sistema existente ou proposto, reduzindo a possibilidade de falhas de documentos de especificação (MARIA, 1997). Ryan e Heavey (2006) apontam a simulação como uma das técnicas de pesquisa mais utilizadas devido à sua versatilidade, flexibilidade e poder de análise. A utilização da simulação apresenta as seguintes vantagens (BANKS, 1998) (SHANNON, 1998) (LAW e KELTON, 2000): (i) a possibilidade de testar alguns aspectos do sistema, com menor gasto de recursos; (ii) com a simulação é possível avaliar os efeitos das variáveis e suas interações sobre o sistema; (iii) possibilita a variação da velocidade do tempo, pois é possível executar o modelo simulado de vários meses ou anos em questão de minutos, permitindo uma rápida análise ao longo do tempo; (iv) permite identificar gargalos no fluxo de informações, materiais ou produtos e testar opções para aumentar a taxa de fluxo; (v) e permite adquirir

conhecimento de como o sistema modelado realmente trabalha e compreender quais variáveis são importantes para seu desempenho.

O modelo de simulação consiste dos seguintes componentes: entidades do sistema, variáveis de entrada, medidas de desempenho e relacionamentos funcionais (MARIA, 1997).

Na literatura existem diversos estudos para a condução de um estudo de simulação com sucesso, visando à construção de um modelo adequado, confiável e funcional (SHANNON, 1975; GORDON, 1978; PRITSKER, 1986; LAW, 2009). Não existem regras precisas para a construção desse modelo, no entanto, as etapas abaixo relacionadas são geralmente recomendadas (Figura 20):

**Etapa 1 – Planejar o estudo:** Torna-se necessário definir os objetivos gerais do estudo, as questões a serem respondidas, as medidas de desempenho, o escopo do modelo, as configurações que serão modeladas e os recursos necessários para a execução da simulação.

**Etapa 2 – Definir o sistema:** Nesta etapa são coletados os dados necessários para a construção do modelo. O tipo de dado a ser coletado será definido, sobretudo, pelos objetivos almejados com o estudo. O número de variáveis aumenta de acordo com a complexidade do modelo e o tamanho da amostra aumenta quanto maior for a precisão desejada. Se o sistema a ser simulado existe deve-se coletar dados de desempenho para o passo cinco, de análise dos experimentos, detalhado abaixo.

O modelo deve ser construído tomando-se por base as características principais do problema. Inicialmente, deve ser um modelo simples, cujo nível de detalhamento vai aumentando gradativamente, sem, no entanto, exceder a complexidade necessária para cumprir os propósitos do modelo.

**Etapa 3 – Construir o modelo:** Devido à necessidade de geração e armazenamento de grande volume de informações, o modelo deve ser traduzido para um modelo computacional, mais especificamente para linguagem de simulação ou softwares especializados. Esta tradução, também chamada de programação, reduz ainda o tempo de desenvolvimento e processamento do modelo.

**Etapa 4 – Rodar os experimentos:** Devem ser executados experimentos com o modelo de simulação desenvolvido.

**Etapa 5 – Analisar os experimentos:** Algumas simulações devem ser executadas e analisadas, para que seja verificada a necessidade de realizar experimentos adicionais.

**Etapa 6 – Fazer relatório dos resultados:** Um estudo de simulação deve ser bem documentado, tanto com relação à sua elaboração quanto com relação aos resultados alcançados. A documentação dos trabalhos de programação do modelo é de grande importância, para que seja possível alterar o sistema e seus parâmetros no futuro. No que tange aos resultados, deve ser feito um relatório claro e objetivo contendo todos os aspectos identificados na simulação e julgados relevantes no sistema.

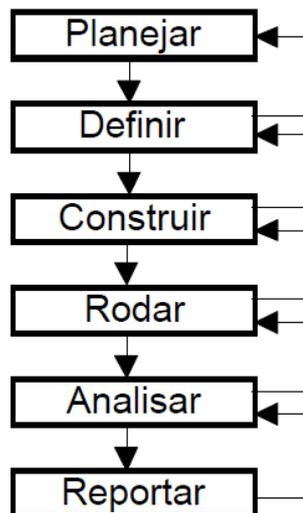


Figura 20. Etapas para condução de um estudo de simulação

## 6.2 Descrição do modelo simulado: Brigada de Baldes

Para a definição do modelo de simulação foram utilizados o modelo conceitual de observação da colaboração e o cenário da Brigada de Baldes, conforme explicado nas etapas do item 6.1.

### Etapa 1 – Planejamento do estudo:

Na etapa de Planejamento da Simulação, foram definidos os recursos e entidades utilizados na simulação, conforme detalhado abaixo:

#### Recursos utilizados na Simulação:

1 - **Baldes de água (Buckets):** São os recursos materiais transportados da fonte de água para o destino. A quantidade de baldes utilizada pode ser configurada, podendo ser transportado mais de um balde ao mesmo tempo.

**Entidades:**

1 - **Participante:** Recurso humano que participa da atividade colaborativa que será observada. Pode representar a pessoa observada, o observador ou o coordenador do grupo. O participante possui algumas características que podem influenciar na simulação, tais como: posição, contexto e disponibilidade para executar a ação.

Durante a simulação o participante pode executar ações, se estiver disponível, tais como:

- *Grabbing* - para pegar o balde;
- *Handing* - para passar o balde;
- *Waiting* - para esperar pela próxima ação;
- *Dipping* - para encher o balde na fonte de água; e
- *Dumping* - para derrubar o balde no destino.

É possível ainda determinar a posição do participante:

- *Source* – localizado na fonte de água;
- *Line* - localizado entre a fonte de água e o destino; e
- *Sink* – localizado no destino.

O participante pode desempenhar alguns papéis durante a execução das atividades, podendo atuar como o agente que transporta os baldes da fonte de água para o destino ou como corredor (*runner*), podendo transportar os baldes vazios de volta para a fonte de água. Seguem abaixo os papéis desempenhados pelos participantes na simulação (Figura 21):

- *Agent to DIP* – Participante observado que fica no início da fila para encher o balde.
- *Agent LINE* – Participante observado que fica no meio da fila para pegar e passar o balde.
- *Agent to DUMP* – Participante observado que fica no final da fila para derrubar o balde.
- *Agent to RETURN* – Participante observado que fica responsável por levar os baldes vazios para o início da fila.

- *Coordinator* – Participante que fica responsável pela coordenação das atividades do grupo.
- *Observer* - Participante que fica responsável pela observação, de forma não participativa.

**2 - Operação:** Representa um conjunto de ações complexas ou simples, disparadas pelos participantes do grupo colaborativo, em função de estados anteriores e posteriores, como por exemplo, o processo de levar o balde da fonte de água até o destino. A operação é executada para cada balde existente na simulação, considerando os participantes da simulação.

**3 - DataLog:** Responsável por gravar o registro em arquivo, indicando o contexto atual e as ações executadas por cada membro do grupo colaborativo.

**4 – Eventos:** Os eventos modificam as ações previstas, como por exemplo, deixar o balde cair ou a falta da água. Esses eventos podem gerar novos eventos, gerando novas ações.

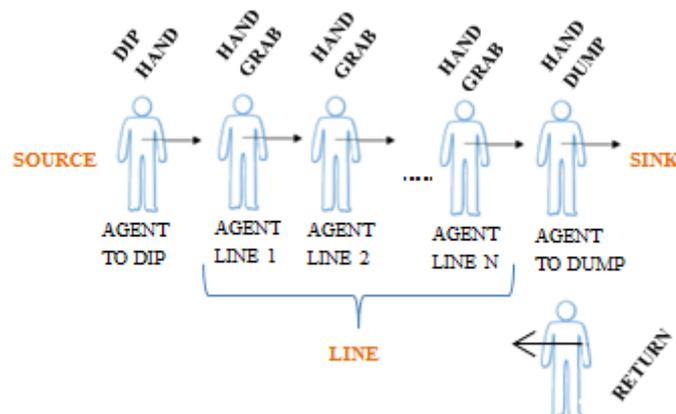


Figura 21. Brigada de Baldes – Papéis envolvidos na Simulação

## Etapa 2 – Definir o sistema:

Para essa etapa, os conceitos anteriormente definidos no modelo conceitual proposto foram utilizados para a construção do modelo de simulação, sendo necessária a realização de alguns ajustes, conforme explicado abaixo.

### 2.1 - Variáveis que podem ser configuradas no início da simulação

- Número total de baldes (*NBUCKETTOTAL*) = representa o número de recursos materiais que será utilizado na simulação

- Total de participantes (*NAGENT\_TOTAL*) = representa o número de participantes com o papel “*Agent LINE*”, que serão observados durante a execução de suas atividades.
- Quantidade de grupos (*QTE\_GROUPS*) = indica a quantidade de grupos formados para a simulação.
- Tempo da simulação (*MAXTIME*) = representa o tempo máximo da simulação, em que o balde será transportado da origem para o destino.
- Quantidade de Participantes para cada papel envolvido na Simulação:
  - *NLINE\_AGENT* =  $NAGENT\_TOTAL/QTE\_GROUPS$  = representa o número de participantes com o papel “*Agent LINE*” em cada grupo
  - *NRETURN\_AGENT* = representa o número de participantes que retornarão com o balde para a origem.
  - *NDIP\_AGENT* = representa o número de participantes com o papel “*Agent to DIP*”
  - *NDUMP\_AGENT* = representa o número de participantes com o papel “*Agent to DUMP*”
  - *NOBSERVER* = representa o número de participantes com o papel “*Observer*”

2.2 - Durante a execução da simulação o seguinte algoritmo é considerado:

a) A simulação inicia uma nova sessão colaborativa, com a equipe de operação, que realizará as atividades da sessão colaborativa; e a equipe de observação, com os respectivos observadores. A sessão está associada a uma atividade de observação, que possui uma perspectiva, para observar a sessão segundo um determinado ponto de vista.

b) Os recursos materiais (baldes) são criados, com uma operação colaborativa, que tem a função de levar esse recurso do início da linha até o final, percorrendo todos os participantes observados.

c) Durante a execução da operação, os participantes podem executar as ações com o recurso material (balde), caso estejam disponíveis. Caso o participante esteja envolvido em alguma atividade, a execução da tarefa é postergada para um momento posterior no qual o participante esteja disponível para a execução de uma atividade.

d) Na simulação o tempo da execução das atividades é escolhido de forma aleatória, dentro de uma faixa de valores definida com um valor mínimo e máximo.

e) Se o participante não estiver com 100% de sua capacidade, o tempo considerado para a execução da atividade será inversamente proporcional à capacidade do participante:

Tempo de execução da atividade = (100/capacidade\*Tempo médio de execução da atividade)

f) Durante a simulação, podem ocorrer eventos que alteram a sequência de ações, gerando novas atividades. Esses eventos podem ser: previstos, porque já possuem um tratamento previsto pela simulação; e não previstos, com uma complexidade que altera o tempo de execução desse evento.

Alguns eventos previstos podem ser programados para ocorrerem durante a simulação, em um determinado passo:

- Deixar o balde cair;
- Perder uma quantidade de água do balde;
- Incluir um participante;
- Substituir participantes;
- Retirar um agente; e
- Modificar a capacidade do participante, para simular a perda de energia durante o transporte dos baldes.

g) Os resultados podem ser visualizados no arquivo de log:

- Tempo (*TIME*) = representa o tempo em que a simulação ocorre.
- Participante - Grupo – Posição – Contexto (*AGENT – GROUP – POSITION – CONTEXT*) = para cada participante, de um determinado grupo, guarda a informação da posição e o contexto.
- Quantidade de água transportada (*WATER\_DUMPED*) = representa a quantidade de água que foi despejada durante a simulação, considerando a capacidade do balde. Seu valor inicial é sempre 0 (zero).
- Eventos esperados e não esperados (*EXPECTED AND UNEXPECTED EVENTS*) = representam os eventos previstos e não previstos, programados para a simulação.

### **Etapa 3 – Construir o modelo:**

Para o desenvolvimento do modelo computacional foi utilizado o Simpy (*Simulation in Python*), na versão 3.0 (SIMPY, 2014), uma biblioteca *open source*, de simulação de eventos discretos, baseada na linguagem Python. O Simpy é um pacote de simulação baseada em processos de eventos discretos e fornece um conjunto de componentes que são utilizados na concepção de um modelo de simulação. O comportamento dos componentes

é modelado por processos em um determinado ambiente (*environment*), interagindo com os outros processos através de eventos.

O código utilizado na simulação encontra-se detalhado no apêndice A.

#### **Etapa 4 – Rodar os experimentos:**

Para executar a simulação, um cenário hipotético foi criado com alguns parâmetros programados, de acordo com o modelo definido.

##### Exemplo de execução

Número de baldes: 30 (capacidade = 10 litros)

Participantes(s): 25, todos com 100% de energia, sendo formado dois grupos de 10 participantes e 5 Corredores.

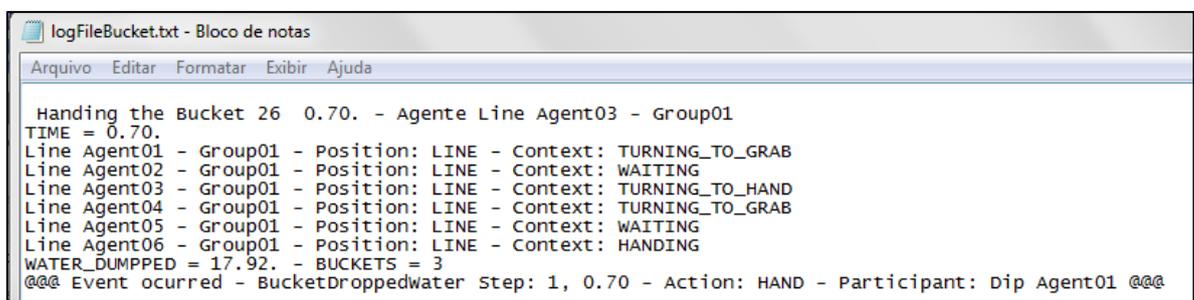
Observador(es): remoto, que após a execução de cada atividade, registra as informações de contexto de cada agente.

Tempo da Simulação: 5 min

Nas seções 6.3 e 6.5, detalhadas abaixo, as simulações foram executadas de acordo com os dados do experimento real.

#### **Etapas 5 e 6 – Analisar os experimentos e fazer relatório dos resultados:**

Para a análise dos experimentos foi gerado um arquivo de log (Figura 22), que permitiu o registro das informações relevantes observadas na simulação.



```

logFileBucket.txt - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda

Handing the Bucket 26  0.70. - Agente Line Agent03 - Group01
TIME = 0.70.
Line Agent01 - Group01 - Position: LINE - Context: TURNING_TO_GRAB
Line Agent02 - Group01 - Position: LINE - Context: WAITING
Line Agent03 - Group01 - Position: LINE - Context: TURNING_TO_HAND
Line Agent04 - Group01 - Position: LINE - Context: TURNING_TO_GRAB
Line Agent05 - Group01 - Position: LINE - Context: WAITING
Line Agent06 - Group01 - Position: LINE - Context: HANDING
WATER_DUMPPED = 17.92. - BUCKETS = 3
@@@ Event occurred - BucketDroppedwater Step: 1, 0.70 - Action: HAND - Participant: Dip Agent01 @@@
  
```

Figura 22. Exemplo de arquivo de log gerado pelo simulador

### **6.3 Execução da simulação com os dados do primeiro experimento**

Para cada cenário representado durante o experimento da seção 5.1, foi executada uma simulação. Os dados iniciais da simulação variaram de acordo com a estratégia empregada, conforme pode ser observado abaixo.

O tempo máximo de execução da simulação foi igual em todas as estratégias, definido em quatro minutos. O número de participantes e o número de baldes utilizados também não variaram, sendo igual a doze, de forma análoga ao experimento, sendo que cada balde tinha a capacidade de oito litros.

### 6.3.1 Simulação da Brigada de Baldes com uma linha

- Estratégia: Um Coordenador (*Coordinator*), um agente para encher o balde (*Agent to Dip*), um agente para despejar o balde (*Agent to Dump*), oito agentes para passar o balde (*Agent Line*), e um Corredor (*Runner*), organizados em um único grupo (Figura 23). O Corredor podia se deslocar.
- Baldes transportados na Simulação: 79
- Baldes transportados no Experimento Real: 86

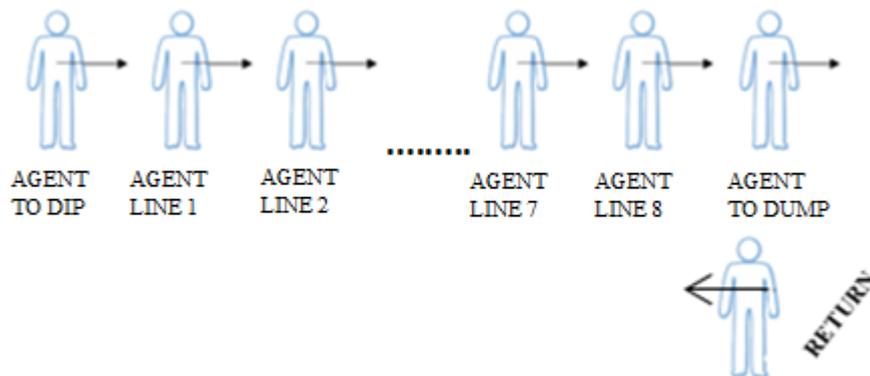


Figura 23. Estratégia da 1ª Simulação

### 6.3.2 Simulação da Brigada de Baldes com uma linha

- Estratégia: Um Coordenador (*Coordinator*), cinco agentes para passar o balde (*Agent Line*), organizados em um único grupo, dois agentes para encher o balde (*Agent to Dip*), dois agente para despejar o balde (*Agent to Dump*) e dois Corredores (*Runners*) que podiam se deslocar. (Figura 24).
- Baldes transportados na Simulação: 140
- Baldes transportados no Experimento Real: 111

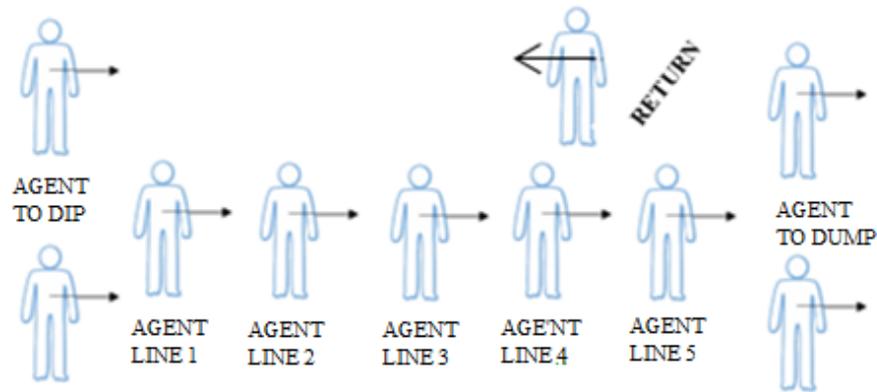


Figura 24. Estratégia da 2ª Simulação

### 6.3.3 Simulação da Brigada de Baldes com duas linhas

- Estratégia: Dois grupos com cinco estudantes (um agente para encher o balde - *Agent to Dip*; três para passar o balde - *Agent Line*; um para despejar o balde - *Agent to Dump*, em cada linha), e dois Corredores (*Runners*) que podiam se deslocar. Um membro executou o papel de coordenador e agente ao mesmo tempo. (Figura 25).
- Baldes transportados na Simulação: 154
- Baldes transportados no Experimento Real: 153

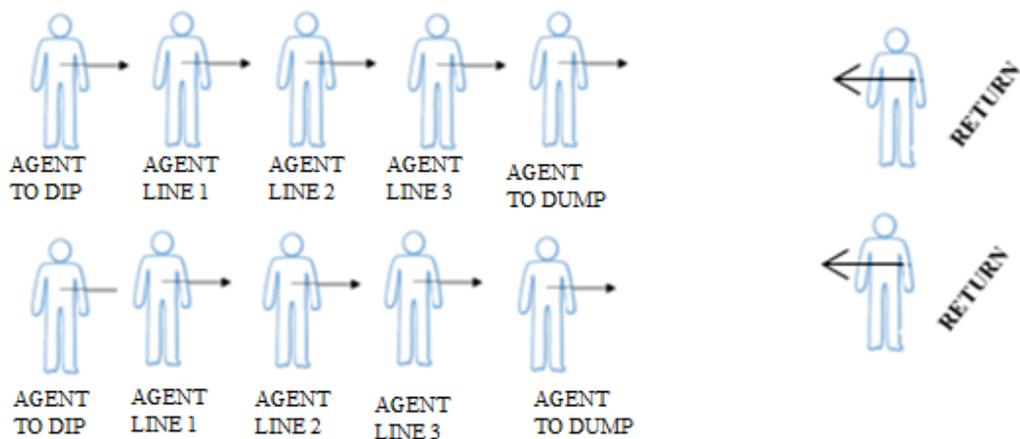


Figura 25. Estratégia da 3ª Simulação

### 6.3.4 Simulação da Brigada de Baldes com duas linhas

- Estratégia: Duas linhas de cinco agentes (um agente para encher o balde - *Agent to Dip*; três para passar o balde - *Agents Line*; um para despejar o balde - *Agent to*

*Dump*, em cada linha), e dois Corredores (*Runners*) fixos, no meio dos dois grupos, para reduzir a movimentação durante o experimento. (Figura 26).

- Baldes transportados na Simulação: 143
- Baldes transportados no Experimento Real: 140

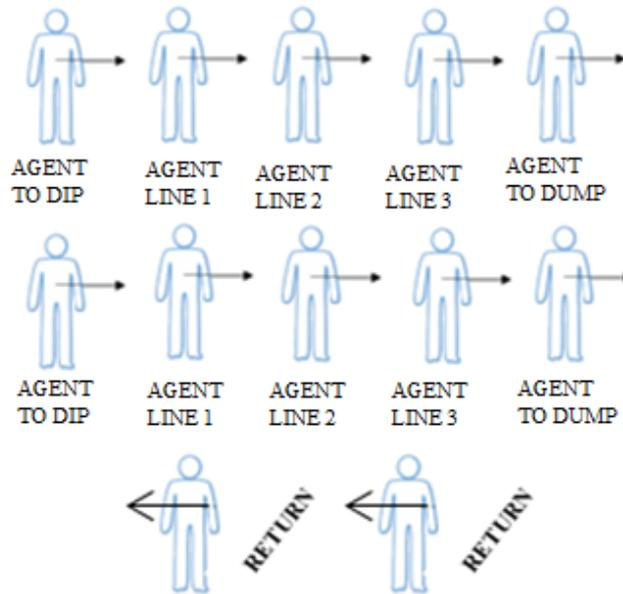


Figura 26. Estratégia da 4ª Simulação

#### 6.3.5 Simulação da Brigada de Baldes com duas linhas

- Estratégia: Duas linhas: uma formada por seis estudantes (um agente para encher o balde - *Agent to Dip*; quatro para passar o balde - *Agents Line*; um para despejar o balde - *Agent to Dump*) e outra formada por quatro Corredores (*Runners*) que tinha uma posição fixa. (Figura 27).
- Baldes transportados na Simulação: 77
- Baldes transportados no Experimento Real: 110

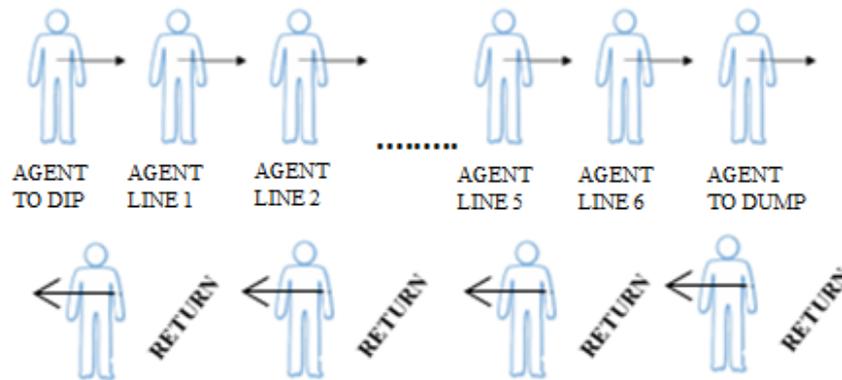


Figura 27. Estratégia da 5ª Simulação

#### 6.4 Avaliação da simulação com os dados do primeiro experimento

O modelo de simulação foi refinado após a realização do primeiro experimento para contemplar as possíveis estratégias observadas no cenário real e que inicialmente não foram implementadas no simulador.

Foi observado no cenário real que os participantes puderam formar várias linhas para a execução das atividades de transporte dos baldes. Outro ponto observado foi que os corredores podiam formar uma linha fixa, para o retorno dos baldes, ou se deslocarem de uma extremidade a outra durante o experimento. Essas características precisaram ser adicionadas ao simulador, para que fosse possível realizar a execução do simulador com as mesmas condições do cenário real.

Durante a construção do modelo de simulação, foram realizados alguns refinamentos no modelo conceitual original, para contemplar algumas questões observadas na simulação, que se encontram listadas abaixo. Nenhuma entidade nova foi criada no modelo conceitual original.

##### Refinamentos realizados no modelo antes da execução da simulação:

- 1) Inclusão de relacionamento entre *DataLog* e *ObservationActivityOccurrence*, para permitir que o arquivo de log esteja associado a uma atividade de observação.
- 2) Inclusão de relacionamento entre *ObservationActivityOccurrence* e *ObservationOperation*, para permitir a identificação das atividades relacionadas à observação de uma *OperationOccurrence*, dentro de uma sessão colaborativa.

Refinamentos realizados no modelo após a execução da simulação:

- 1) Verificou-se a necessidade de incluir a informação de relevância e completude na entidade atividade (*ColaborationActivityOcurrence*), para que seja possível identificar a relevância de uma atividade sobre a outra e a completude de sua execução.
- 2) Verificou-se a necessidade de incluir a informação de dependência entre eventos.

## 6.5 Execução da Simulação com os dados do segundo experimento

De forma análoga ao primeiro experimento, para cada cenário representado durante o segundo experimento, detalhado na seção 5.2, foi executada uma simulação. Os dados iniciais da simulação variaram de acordo com a estratégia empregada. Como no segundo experimento, uma mesma estratégia foi empregada para dois grupos diferentes, o simulador precisou ser alterado para poder representar parte da realidade observada no cenário real e suas respectivas variações.

A capacidade dos baldes utilizados não variou, sendo igual a 8 litros. Além dos parâmetros iniciais, foi necessário configurar os eventos que ocorreram durante o experimento real, tais como:

- A quantidade de água perdida durante a passagem de água dos baldes.
- A habilidade dos membros de um grupo em relação ao outro.
- O fator cansaço que ocorreu durante a realização do experimento.
- A ocorrência de eventos previstos, como por exemplo, deixar o balde cair.

### 6.5.1 Simulação da Brigada de Baldes com uma linha (Grupo A)

- Estratégia: Um agente para encher o balde (*Agent to Dip*), um agente para despejar o balde (*Agent to Dump*), treze agentes para passar o balde (*Agent Line*), e cinco Corredores (*Runner*), organizados em um único grupo (Figura 28). O Corredor podia se deslocar.
- Tempo da Simulação: 6 minutos
- Baldes transportados: 99
- Água transportada: 393.73 litros

No experimento real foram transportados 96 baldes e 400 litros de água, sendo o valor resultante da simulação bem próximo da realidade. Como o grupo A demonstrou ser mais rápido e eficiente do que o outro, todos os membros do grupo foram considerados com a energia total (100%) e com habilidade para desempenhar o exercício.

Além disso, para ajustar a simulação à realidade, foi considerado o desperdício de água que ocorreu durante o experimento, de forma constante. Na simulação, o balde foi considerado com 90% de sua capacidade (8 litros X 0.9) no momento em que era abastecido com a água e no decorrer das demais atividades foi considerada uma perda de até 1% na sua capacidade. Para o cálculo dessa perda, foi gerado um número aleatório entre 0 e 1 %.

Houve também uma parada de cerca de 30 segundos, depois que o grupo encheu o primeiro galão de 200 litros, o que ocasionou um pequeno atraso considerado como um evento não previsto da simulação.

Os tempos de execução das atividades foram obtidos de forma aleatória, a partir de uma faixa de valores, que variava de 0,5 a 1,0 segundos.

A troca de participantes durante o experimento foi considerado como uma constante, que poderia acontecer a cada 40 baldes transportados. Esse evento não ocorreu com muita frequência e foi considerado dessa forma em todas as rodadas da simulação.

### 6.5.2 Simulação da Brigada de Baldes com uma linha (Grupo B)

- Estratégia: Um agente para encher o balde (*Agent to Dip*), um agente para despejar o balde (*Agent to Dump*), treze agentes para passar o balde (*Agent Line*), e cinco Corredores (*Runner*), organizados em um único grupo (Figura 28). O Corredor podia se deslocar.
- Tempo da Simulação: 6 minutos
- Baldes transportados: 85
- Água transportada: 327.56 litros

No experimento real foram transportados 82 baldes e 300 litros de água, sendo o valor resultante da simulação bem próximo da realidade. Como o grupo B demonstrou ser mais lento do que o outro, todos os membros do grupo foram considerados com a energia total (80%) e com habilidade menor do que o grupo A para desempenhar o exercício.

Além disso, para ajustar a simulação à realidade, foi considerado que o balde não era cheio em sua totalidade, sendo considerada uma perda inicial de 10 a 20%. No decorrer das demais atividades foi considerado o desperdício de água, com uma perda de 0 a 1% na sua capacidade.

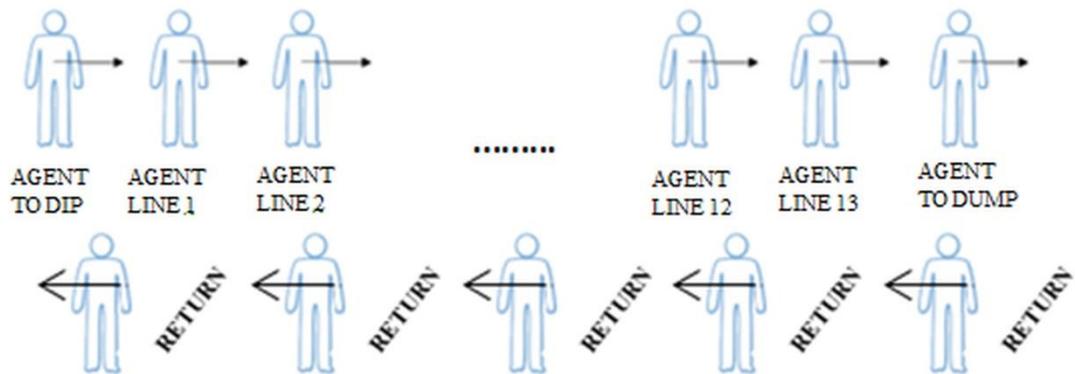


Figura 28. Estratégia utilizada nas duas primeiras simulações - 6.5.1 e 6.5.2

### 6.5.3 Simulação da Brigada de Baldes com duas linhas (Grupo A)

- **Estratégia:** Um agente para encher o balde (*Agent to Dip*), um agente para despejar o balde (*Agent to Dump*), doze agentes para passar o balde (*Agent Line*), e seis Corredores (*Runner*), organizados em um único grupo (Figura 29). Os Corredores ficaram em posição fixa, organizados em uma linha.
- **Tempo da Simulação:** 5 minutos
- **Baldes transportados:** 82
- **Água transportada:** 367.98 litros

No experimento real foram transportados 86 baldes e 400 litros de água. Para essa simulação foi considerado que o grupo A era um pouco mais rápido que o grupo B e que no retorno dos baldes os Corredores formaram uma linha fixa para a passagem do balde, diminuindo um pouco o cansaço dos Corredores.

A queda de baldes durante o experimento ocorreu com certa frequência e foi considerada como uma constante para a simulação, que poderia acontecer a cada 30 baldes transportados.

Foi necessário ainda ajustar os tempos para os Corredores efetuarem a passagem dos baldes, para adequar a realidade dos baldes com água. Esse tempo não foi alterado

anteriormente porque na outra estratégia o Corredor levava o balde do final para o início da fila.

A diferença entre a simulação e a realidade foi causada pela diferença no tempo de execução das atividades. No experimento real esse grupo passava às vezes dois baldes ao mesmo tempo e essa característica não foi representada na simulação, que considerou apenas a variação na execução da atividade, cujo tempo de execução era obtido de forma aleatória, a partir de uma faixa de valores.

#### 6.5.4 Simulação da Brigada de Baldes com duas linhas (Grupo B)

- Estratégia: Um agente para encher o balde (*Agent to Dip*), um agente para despejar o balde (*Agent to Dump*), doze agentes para passar o balde (*Agent Line*), e seis Corredores (*Runner*), organizados em um único grupo (Figura 29). Os Corredores ficaram em posição fixa, organizados em uma linha.
- Tempo da Simulação: 5 minutos
- Baldes transportados: 58
- Água transportada: 268.94 litros

No experimento real foram transportados 57 baldes e 250 litros de água, sendo o valor resultante da simulação um pouco diferente da realidade. Para essa simulação foi considerado que o grupo B era um pouco mais lento que o grupo A e que no retorno dos baldes os Corredores também formaram uma linha fixa para a passagem do balde.

O tempo para a execução das atividades precisou ser ajustado, já que o grupo ficou bem mais lento nessa rodada, podendo já estar influenciado pelo fator cansaço, ou até mesmo pela falta de motivação. O tempo de execução foi obtido de forma aleatória, a partir de uma faixa de valores, que variava de 0,5 a 1,5 segundos.

Outro fator considerado foi que o balde chegou vazio no final da linha mais de uma vez, o que foi considerado um evento não esperado, ocorrido durante a simulação.

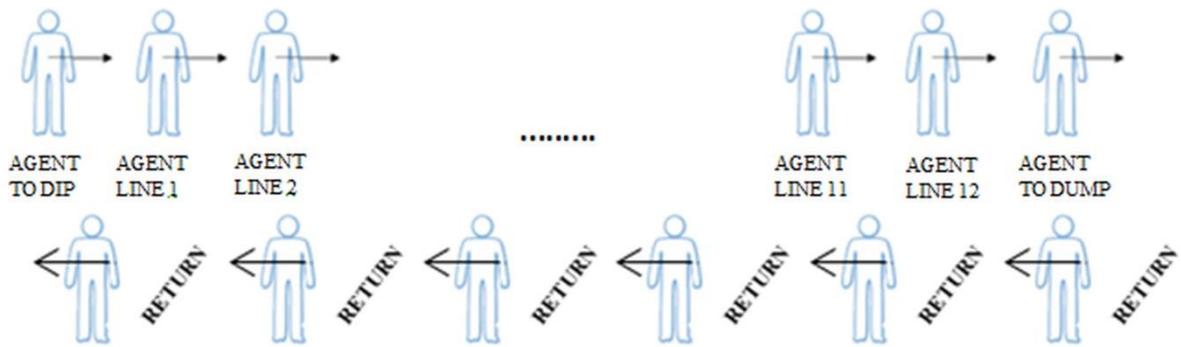


Figura 29. Estratégia utilizada nas simulações 6.5.3 e 6.5.4

### 6.5.5 Simulação da Brigada de Baldes com três linhas (Grupos A e B)

- Estratégia: Um agente para encher o balde (*Agent to Dip*), um agente para despejar o balde (*Agent to Dump*), treze agentes para passar o balde (*Agent Line*), e seis Corredores (*Runner*), organizados em um único grupo (Figura 30). Os Corredores ficaram em posição fixa, organizados em uma linha.
- Tempo da Simulação: 3,5 minutos
- Baldes transportados: 99
- Água transportada: 429.66 litros

No experimento real foram transportados 98 baldes e 400 litros de água em 3,5 minutos. Para que a simulação ficasse próxima da realidade, foi considerada uma perda inicial de água de cerca de 20% e uma perda constante de cerca de 1%. Como o retorno dos baldes nessa rodada ocorreu de forma um pouco mais lenta, foi necessário ajustar esse tempo para retorno no simulador.

Durante o experimento real, quando o grupo encheu os dois galões de 200 litros, houve certa dúvida se o experimento iria continuar ou parar. Esse tempo foi considerado como um evento não previsto e foi incluído no simulador.

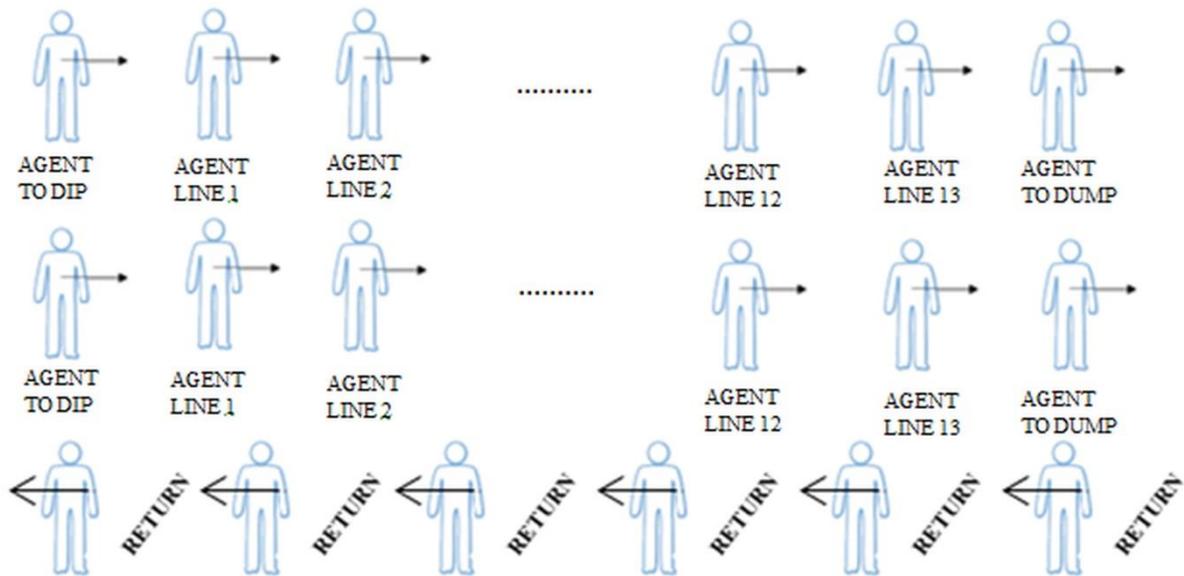


Figura 30. Estratégia utilizada na simulações 6.5.5

## 6.6 Avaliação da Simulação com os dados do segundo experimento

Inicialmente, o simulador foi construído com base no Modelo Conceitual de Observação da Colaboração e nas características do cenário da Brigada de Baldes. Após a execução do primeiro experimento, o simulador foi refinado para poder representar de forma mais flexível as possíveis estratégias da Brigada de Baldes, observadas no cenário real.

Após a execução do segundo experimento foi necessário ajustar o simulador para considerar as variáveis que ocorreram durante a execução do cenário real. Para que o simulador pudesse representar os cenários do segundo experimento, foi necessário incluir em cada rodada as variáveis que foram observadas durante o experimento real, que estavam representadas como eventos previstos e não previstos, como por exemplo, a queda dos baldes, as características do grupo e dos seus membros, o percentual de perda de água durante a passagem dos baldes, a quantidade de água transportada nos baldes e algumas paradas aleatórias que ocorreram durante o experimento real.

Os resultados obtidos no simulador, após a inclusão das variáveis, ficaram muito próximo da realidade, o que demonstrou que o simulador estava adequado às características observadas no cenário real, assim como o modelo conceitual construído estava conseguindo representar de forma expressiva as atividades executadas no experimento.

Algumas características não foram representadas no simulador, como por exemplo, a definição de novos papéis, que não estavam previstos inicialmente. Durante o experimento,

surgiram novos papéis, porque um dos participantes começou a entregar os baldes na mão da pessoa que enchia os baldes, para agilizar a atividade e outro começou a organizar os baldes no chão, para facilitar o processo.

Cabe ressaltar que, alguns eventos previstos no simulador não ocorreram no cenário real, como por exemplo, a inclusão de um participante durante a execução das atividades e a variação da energia dos participantes em função do tempo de simulação, para simular a perda de energia ocorrida durante o transporte dos baldes.

## 7 Modelo conceitual refinado

---

O modelo conceitual refinado, resultante após a execução dos experimentos e das simulações, incorporou alguns conceitos para contemplar aspectos não considerados inicialmente. Tais conceitos, incluídos no modelo conceitual original, foram resultantes das avaliações ocorridas após a execução dos experimentos realizados em cenário real e das respectivas simulações, após análise ontológica baseada nos conceitos da ontologia de fundamentação UFO. O refinamento não ocorreu em apenas um momento durante o processo de construção do modelo, mas de forma incremental, de acordo com análises executadas, com o intuito de melhorar a qualidade dos dados e dos aspectos de colaboração observados.

Nas próximas seções encontram-se definidos os pacotes refinados de Coordenação, Cooperação e Comunicação.

### 7.1 Pacote de Coordenação

Conforme observado durante a realização dos experimentos, o perfil dos participantes influenciou nos resultados obtidos e precisou ser adicionado ao modelo original. O perfil dos participantes afeta diretamente a execução das atividades do grupo e pode ajudar o trabalho da coordenação da equipe.

Para que fosse possível armazenar todo o histórico de um determinado participante e do grupo, foi necessário adicionar os conceitos de memória do participante e memória do grupo. A memória de colaboração representa o conhecimento envolvido na troca de informações (MAGDALENO; ARAÚJO; WERNER, 2011). A memória do participante guarda as informações de membro da equipe, em um grupo, que podem mudar durante o decorrer do tempo e que devem ser registradas. A memória do grupo guarda as informações pertencentes ao grupo como um todo, observadas durante o desempenho das atividades executadas.

Conceitos adicionados ao Pacote de Coordenação refinado (Figura 31):

- Perfil (*Profile*) – representa o perfil do participante, suas habilidades, limitações e registros relevantes que podem auxiliar o coordenador durante a execução das atividades do grupo.

- Memória do Participante (*ParticipantMemory*) – representa a memória de um determinado participante, que executa um papel no grupo colaborativo, na execução de uma atividade na qual foi alocado, com a utilização de um recurso material.
- Memória do Grupo (*ObservationGroupMemory*) - representa a memória do grupo, na execução das atividades, em uma sessão colaborativa.

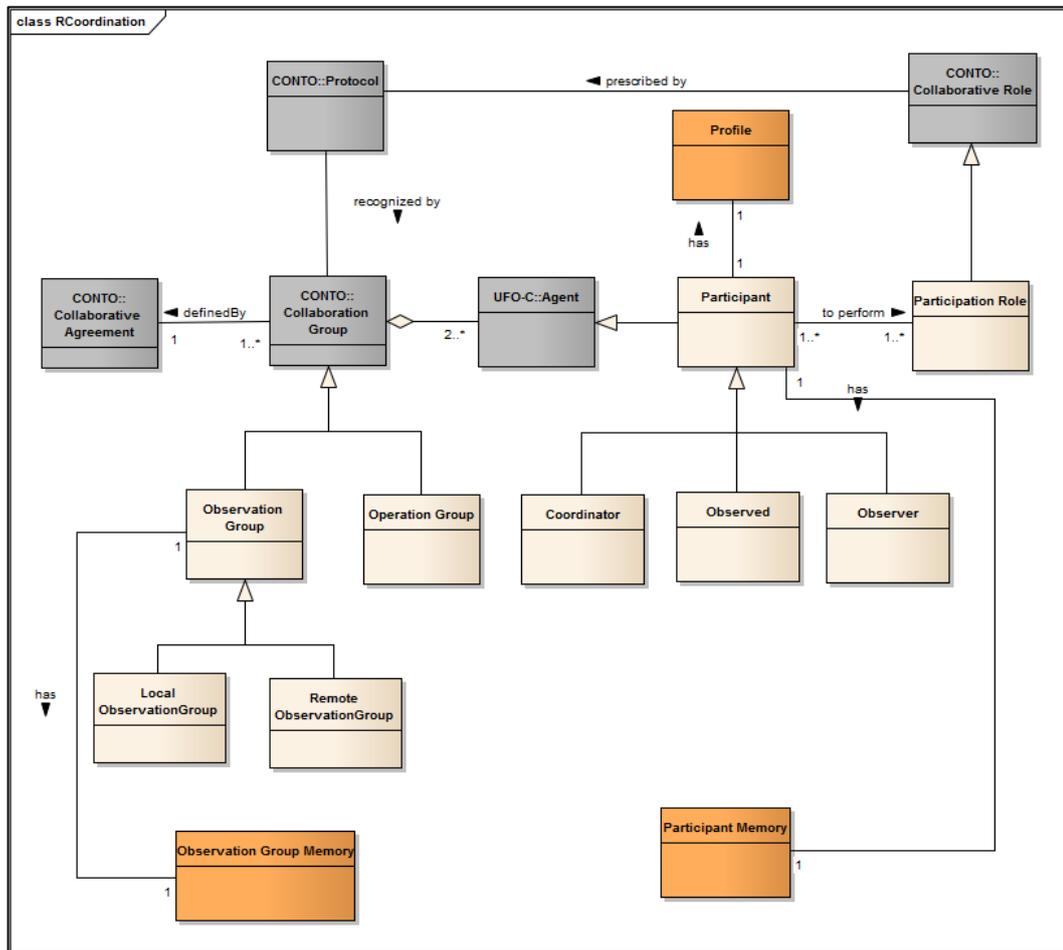


Figura 31. Pacote de Coordenação Refinado

## 7.2 Pacote de Cooperação

Após a realização do primeiro experimento e análise das ontologias de colaboração já existentes, verificou-se a necessidade de se definir um mecanismo de controle de versões, para garantir o registro das informações observadas em uma sessão colaborativa e de suas respectivas variáveis, em um nível maior de detalhes. Para cada ocorrência de operação, dentro da sessão colaborativa, será possível detalhar as atividades, a participação dos recursos humanos e materiais, incluindo a comunicação e a coordenação necessárias para a condução das atividades.

Conceito adicionado ao Pacote de Coordenação refinado (Figuras 32 e 33):

- Versão da Ocorrência da Operação (*OperationOccurrenceVersion*) – tem a finalidade de registrar todas as variantes ocorridas em uma sessão colaborativa.

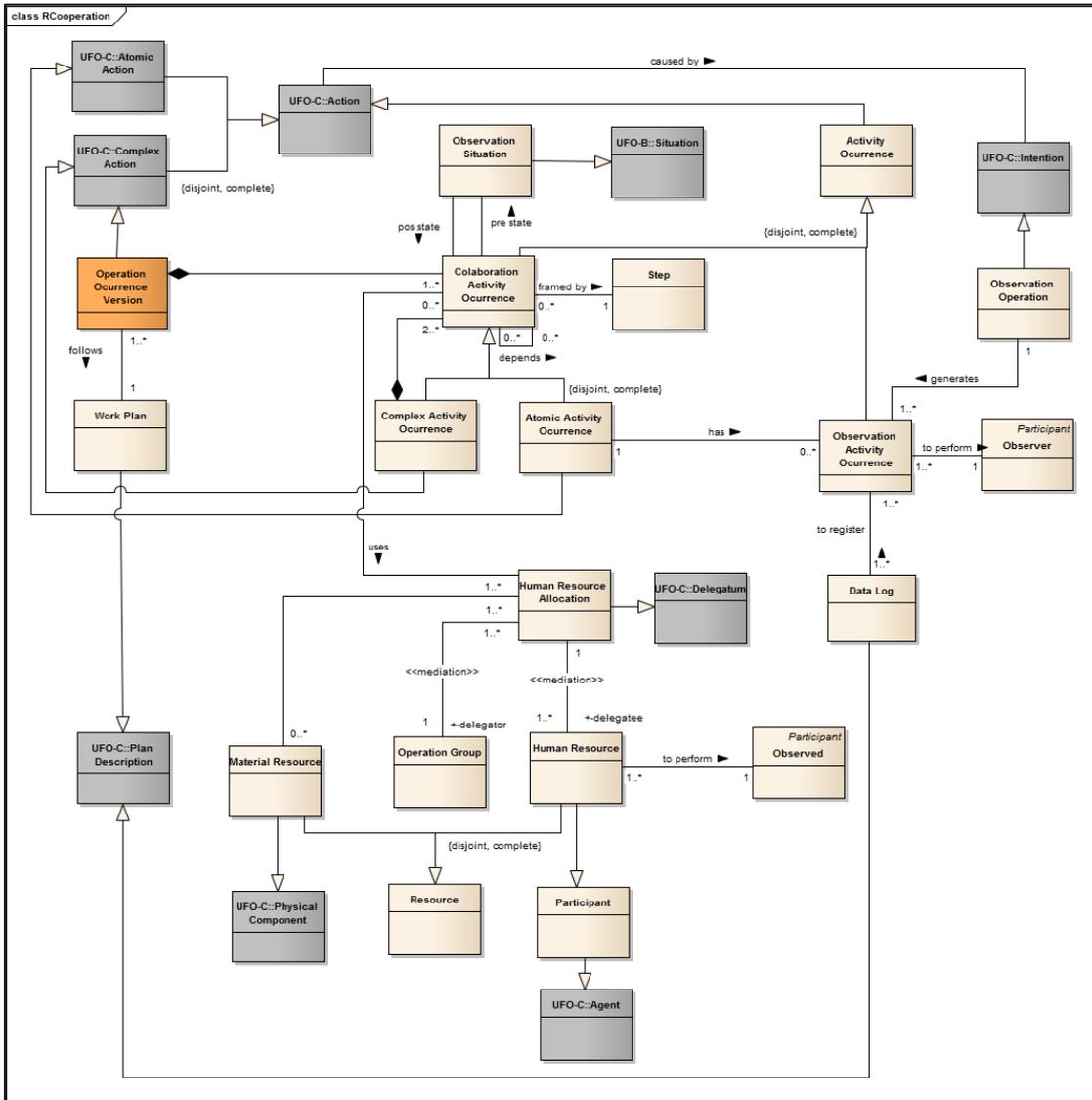


Figura 32. Pacote de Cooperação – Refinado

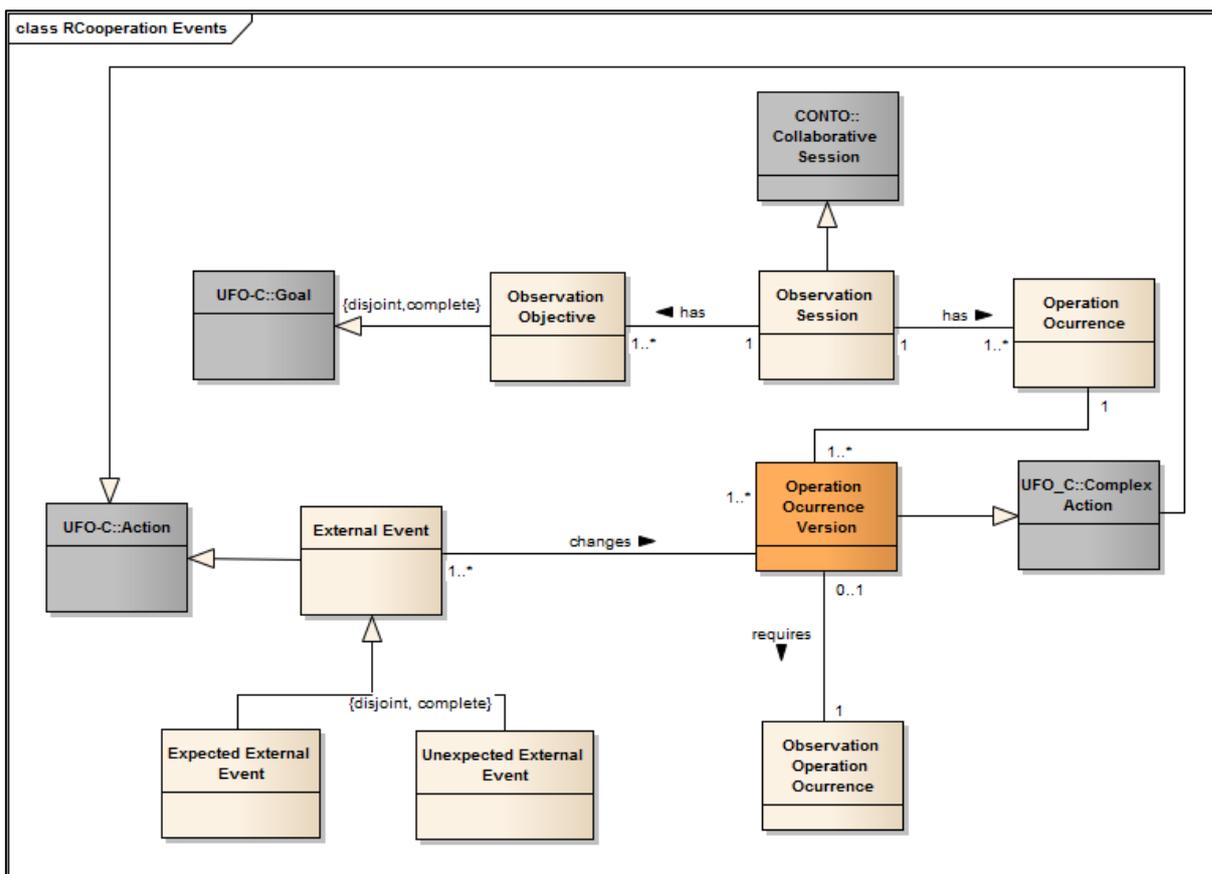


Figura 33. Pacote de Cooperação – Eventos – Refinado

### 7.3 Pacote de Comunicação

Após a realização dos experimentos, verificou-se a necessidade de melhorar o mecanismo de comunicação do grupo com a inclusão de um mecanismo de comunicação fixo, para ajudar na comunicação de informações destinadas ao grupo. Esse mecanismo pode ser eficaz para a divulgação de informações que precisam ser de conhecimento geral e que precisam ser comunicadas de forma rápida.

Conceito adicionado ao Pacote de Coordenação refinado (Figura 33):

- Painel (*Panel*): Para garantir essa comunicação eficaz, principalmente quando a comunicação é realizada de forma remota, foi necessário adicionar ao modelo conceitual original um mecanismo de comunicação fixo, a ser utilizado pela equipe observada, por intermédio de um quadro de avisos. Esse mecanismo de comunicação permite a divulgação de informações relevantes para a execução das atividades do grupo.

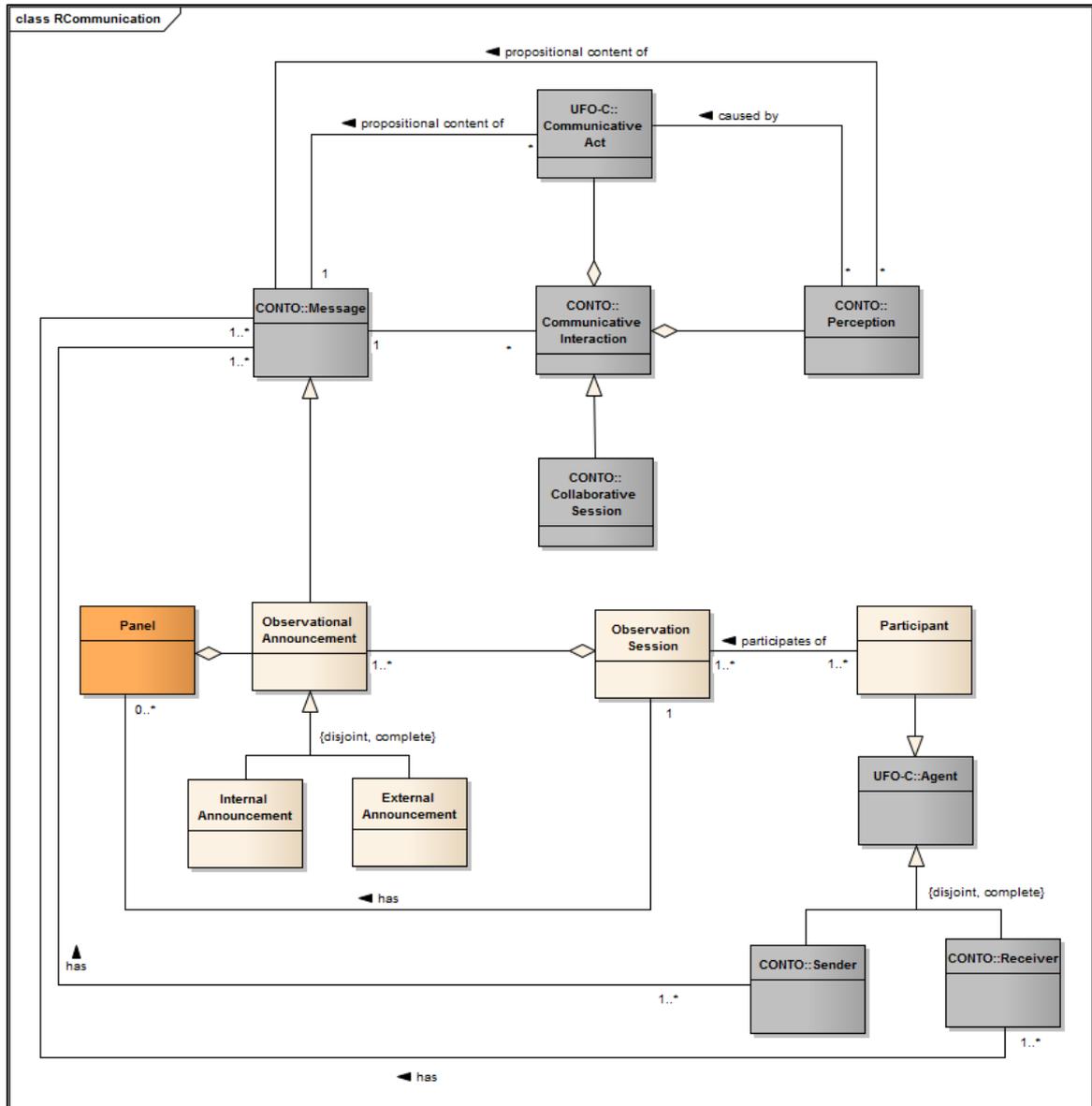


Figura 34. Pacote de Comunicação – Refinado

## 8 Conclusão

---

Para a construção do modelo conceitual de observação da colaboração, a ontologia de domínio definida por Oliveira (2009), e baseada em uma ontologia de fundamentação - UFO (GUIZZARDI, 2005), foi utilizada como base da representação no domínio de colaboração, porque já representava um quadro de referência para o domínio da colaboração. Durante o processo de construção do modelo conceitual, os conceitos da UFO-B e da UFO-C também foram utilizados, a partir da análise ontológica, porque ajudaram a capturar questões relacionadas à execução de uma atividade e utilização de recursos materiais e humanos.

Com o objetivo de avaliar o modelo conceitual e verificar se o mesmo abrangia todos os aspectos observados do cenário real, foi desenvolvido um modelo de simulação. Para a avaliação do modelo e representação do cenário real, foram realizados dois experimentos, com o cenário da Brigada de Baldes, muito conhecido na literatura, que permitiu a identificação e observação da colaboração, contribuindo para a avaliação do modelo conceitual definido, assim como para a avaliação do modelo de simulação desenvolvido. Além do experimento, um modelo de simulação foi criado a partir do modelo conceitual definido, sendo possível representar parte da realidade e os cenários definidos no experimento real. O experimento ajudou na coleta de elementos da realidade, e consequentemente contribuiu para avaliar e aprimorar o modelo conceitual e o modelo de simulação.

O projeto da simulação seguiu fases distintas, para permitir o planejamento do estudo, construção do modelo, realização dos experimentos, análise das saídas obtidas e apresentação dos resultados.

Para a execução dos experimentos no simulador, foi necessário planejar a execução de cada um deles, definindo os geradores de eventos para cada cenário de execução e os parâmetros relacionados a cada um dos cenários criados e executados, com o intuito de reproduzir o cenário do experimento real.

No primeiro experimento real foi possível analisar alguns aspectos relacionados à colaboração que puderam ser melhorados na modelagem, resultando em conceitos novos,

que foram incluídos no modelo conceitual proposto original. Esses novos conceitos, puderam aprimorar a comunicação do grupo colaborativo, para disseminar as informações que precisavam ser de conhecimento geral, além de melhorar a parte relacionada à coordenação das atividades e cooperação do grupo. No pacote de coordenação foi incluído o perfil do participante, para permitir a identificação das habilidades e até mesmo da parte psicológica dos membros do grupo. No pacote de cooperação, foi incluída a informação de histórico das atividades, para viabilizar o versionamento e posterior consulta das interações ocorridas em uma sessão colaborativa.

Após a execução do primeiro experimento, os dados utilizados nos cenários reais foram usados para o planejamento e execução da simulação, o que permitiu a avaliação do modelo conceitual e demandou um ajuste no modelo de simulação, para que o mesmo pudesse representar as diferentes estratégias que foram definidas no experimento real. Esse ajuste ocorreu apenas no modelo de simulação, não sendo necessário incluir novos conceitos no modelo conceitual.

O segundo experimento foi executado com o mesmo cenário do primeiro experimento, sendo definidos dois grupos diferentes, que executaram uma mesma estratégia, em diferentes rodadas. Nesse experimento não foi identificada nenhuma melhoria no modelo conceitual, mas foi necessária a inclusão das variáveis do mundo real no modelo de simulação. As diversas variações entre os membros dos dois grupos e a ocorrência de alguns eventos precisaram ser adicionadas e configuradas no simulador.

## **8.1 Contribuições**

O modelo conceitual de observação captura aspectos de comunicação, coordenação e cooperação, que podem ser valiosos para a execução de trabalhos na área colaborativa. Os dados capturados pelo modelo de observação podem identificar comportamentos, padrões de comunicação, fluxos de trabalho e tarefas em ambientes de trabalho colaborativo, podendo ser muito útil para o planejamento e execução de novas atividades.

A utilização de conceitos baseados em uma ontologia de fundamentação aumenta a expressividade dos conceitos definidos, diminuindo a ambiguidade na interpretação dos elementos do modelo. Como exemplo, mesmo simplificado, pode-se destacar no cenário da Brigada de Baldes, a situação na qual um membro da equipe pode desempenhar mais de um

papel na sessão colaborativa, de corredor e de agente que passa o balde. É possível associar informações distintas a cada um desses papéis, como atividades e eventos ocorridos, separando o que é pertinente a cada um dos papéis. Ou seja, é possível identificar o papel e o membro envolvidos em um determinado evento e em que atividade tal evento ocorreu.

A observação do trabalho colaborativo permite um melhor entendimento da atividade colaborativa e pode auxiliar no projeto e desenvolvimento de novas ferramentas para apoiar a colaboração. O modelo conceitual proposto pode ser usado como base para a integração de ferramentas de software que apoiam a colaboração, pois possibilita a observação, o estudo e a organização dos dados colaborativos de forma sistemática.

A informação capturada através do modelo conceitual proposto pode ser usada como base para outros trabalhos a serem desenvolvidos na área de colaboração, porque permite a identificação dos aspectos relacionados à colaboração, permitindo a organização do trabalho em grupo desenvolvido por uma equipe. O modelo conceitual proposto está voltado para a observação de um domínio de colaboração genérico, em função do processo no qual foi construído e do refinamento baseado na Brigada de Baldes, que mesmo sendo uma aplicação simples, ajudou a evidenciar questões importantes.

A partir da análise dos dados obtidos a partir do modelo, é possível:

- identificar problemas nas interações entre os membros de uma equipe;
- identificar possibilidades de melhorias no processo de trabalho utilizado por uma equipe;
- verificar atrasos na realização de uma tarefa, coordenar melhor a execução de algumas tarefas mais complexas;
- melhorar a comunicação entre os membros da equipe, em determinadas atividades;
- e
- registrar as informações mais relevantes de um determinado membro e de uma equipe.

Cabe ainda ressaltar que o modelo de simulação construído permitiu reproduzir parte da realidade, auxiliando na avaliação dos aspectos de colaboração. Com a simulação é possível prever o comportamento do sistema em um tempo menor do que levaria no cenário real e com menor custo.

A simulação é muito útil no projeto de novos sistemas ou até mesmo para a realização de mudanças de um sistema existente, pois facilita a identificação de problemas diminuindo os riscos ocasionados pelas mudanças.

## **8.2 Limitações**

Os aspectos relacionados à colaboração podem variar de acordo com os objetivos definidos pelo grupo e atividades desenvolvidas pela equipe, o que pode dificultar o levantamento dos dados de observação em outros cenários de colaboração.

Cabe ressaltar que, no presente trabalho, a observação dos aspectos colaborativos foi realizada com a identificação das necessidades que ficaram evidentes durante a realização das atividades do grupo, para o cenário da Brigada de Baldes. Seria interessante a aplicação do modelo conceitual em outro cenário, o que não foi realizado por questões de limitações do tempo para o fechamento do trabalho.

## **8.3 Trabalhos futuros**

O modelo conceitual de observação pode ser usado para apoiar o planejamento e a execução de atividades relacionadas ao trabalho em equipe. O modelo permitirá examinar o quanto um plano pode se adaptar a mudanças de contexto e a situações não previsíveis. Esta situação foi observada durante a execução dos experimentos e poderá ser estudada em outro trabalho de pesquisa relacionado.

O modelo proposto poderá também ser estendido para contemplar situações e eventos não previstos de uma forma mais flexível. Neste trabalho o evento não previsto foi tratado de uma forma bem genérica, porque o foco era observação desses eventos e não o seu tratamento.

O modelo de observação pode ser aplicado em outros cenários de colaboração mais complexos, porque conforme já mencionado na seção anterior, foi uma limitação do presente trabalho. A utilização do modelo em outros cenários pode evidenciar outras questões não atendidas pelo modelo conceitual desenvolvido.

O modelo conceitual pode ser utilizado para apoiar o aprendizado do trabalho desenvolvido em equipes, porque facilita a identificação dos principais pontos necessários

para o trabalho em equipes. A partir do modelo conceitual foi definido um modelo de simulação, que pode ser adaptado para ser usado como base em trabalhos na área de aprendizado pela observação. O modelo de simulação pode ser aprimorado para ser usado como uma ferramenta para aprendizado através da observação, porque já possui os conceitos do modelo de referência, registrando as informações ocorridas na simulação em um arquivo de log, o que pode ser muito útil para a captura do conhecimento necessário ao aprendizado colaborativo.

Além disso, para incrementar os aspectos observados pelo modelo conceitual, pode-se utilizar recursos e tecnologias, não vislumbradas neste trabalho, com o intuito de melhorar a qualidade da observação dos dados do modelo.

## REFERÊNCIAS

ANDER-EGG, Ezequiel. **Introducción a las técnicas de investigación social para trabajadores sociales**. 7. ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.

ANDERSON, R. J. Work, ethnography and system design. In: KENT, Allen; WILLIAMS, James G. (Ed.). **Encyclopedia of Microcomputers**, New York: M. Dekker, 1997. v. 20, p. 159-193.

ATKINSON, Paul; HAMMERSLEY, Martin. Ethnography and participant observation. In: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. (Ed.). **Handbook of qualitative research**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994. p. 248-261.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Organização, sistemas e métodos**. São Paulo: McGraw Hill, 1991. 2 v.

BANKS, Jerry. (Ed.) **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

BANKS, Jerry et al. **Discrete-event system simulation**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2005.

BELL, G. Insights into Ásia: 19 Cities, 7 Countries, 2 Years - What people really want from technology. **Technology@Intel Magazine**, maio 2004. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/cdesouza/teaching/methods/2-Ethnographic%20Work%20at%20Intel>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

BENTIVEGNA, D. C.; ATKESON, C. G. Learning from observation using primitives. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION, 2001, Seoul. **Proceedings...** Seoul: IEEE, 2001. v. 2. p. 1988-1993.

BOEV, S. et al. Incorporating collaboration in business processes: how to merge business processes and collaboration activities in an efficient and agile way. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BUSINESS MODELING AND SOFTWARE DESIGN, 1., 2011, Sofia. **Proceedings...** Setúbal: SciTePress, 2011. p. 122-128.

BOWERS, S.; MADIN, J. S.; SCHILDHAUER, M. P. A conceptual modeling framework for expressing observational data semantics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPTUAL MODELING, 27., 2008, Barcelona. **Proceedings...** Berlin: Springer, 2008. p. 41-54.

BRINGUENTE, A. C. de O. **Reengenharia de uma Ontologia de Processo de Software e seu uso para a Integração de Ferramentas de Apoio ao Planejamento de Projetos**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

BUTTON, G. The ethnographic tradition and design. **Design Studies**, v. 21, n. 4, p. 319-332, jul. 2000.

CALLAHAN, S.; SCHENK, M.; WHITE, N. **Building a collaborative workplace**. Disponível em: <[http://www.anecdote.com/pdfs/papers/AnecdoteCollaborativeWorkplace\\_v1s.pdf](http://www.anecdote.com/pdfs/papers/AnecdoteCollaborativeWorkplace_v1s.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2015.

CALVI, C. Z. **Gerenciamento de serviços de TI e modelagem do processo de configuração ITIL em uma plataforma de serviços sensíveis a contexto**. 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

CARVALHO, C. A. de. **Os psiconautas do Atlântico Sul: uma etnografia da psicanálise**. Campinas, SP: Ed. da UNICAMP; Vitória: Ed. da UFES, 1998. 366 p. (Coleção Tempo e Memória, 9).

CLARK, Herbert H. **Using Language**. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1996.

COX, S. Observations and measurements. **Technical Report 05-087r4**. [S.l.]: OGC, 2006.

CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. R. **Working minds: a practitioner's guide to cognitive task analysis**. Cambridge: MIT Press, 2006.

ELLIS, C. A.; GIBBS, S. J.; REIN, G. Groupware: some issues and experiences. **Communications of the ACM**, New York, v. 34, n. 1, p. 39-58, 1991.

FALBO, R. A. et al. Developing software for and with reuse: an ontological approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE, SOFTWARE ENGINEERING, INFORMATION TECHNOLOGY, E-BUSINESS, AND APPLICATIONS - (CSITeA'02), 2002, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu, 2002. p. 311-316.

FALBO, R. A.; MENEZES, C. S.; ROCHA, A. R. C. A systematic approach for building ontologies. In: IBEROAMERICAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (IBERAMIA), 6., 1998, Lisboa. **Proceedings...** Berlin: Springer, 1998. p. 349-360.

FUKS, H. et al. Applying the 3c-model to groupware engineering. **International Journal of Cooperative Information Systems (IJCIS)**, Cingapura, v. 14, n. 2-3, p. 299-328, 2005.

GENTIL, P. B. da F.; CAMPOS M. L. M.; BORGES, M. R. S. Construction and evaluation of a collaboration observation model. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COLLABORATION

AND TECHNOLOGY, 20., 2014, Santiago. **Proceedings...** Berlin: Springer, 2014. v. 8658, p. 23-37.

GORDON, G. **System simulation**. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1978.

GOULART, A. M. C. Contribuição da teoria da observação à prática da auditoria. In: CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 3., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2003.

GUARINO, N. Formal Ontology and Information Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORMAL ONTOLOGY AND INFORMATION SYSTEMS, 1., 1988, Trento. **Proceedings...** Amsterdã: IOS Press, 1998. v. 46, p. 3 -15.

GUARINO, N.; WELTY, C. Towards a methodology for ontology based model engineering. In: ECOOP-2000 WORKSHOP ON MODEL ENGINEERING. **Proceedings...** 2000.

GUÉRIN, F. et al. **Comprender o trabalho para transformá-lo**: a prática da ergonomia. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

GUERLAIN, S. et al. A team performance data collection and analysis system. In: HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY ANNUAL MEETING, 46., 2002, Baltimore. **Proceedings...** Thousand Oaks: Sage Publications, 2002.

GUIZZARDI, G. **Ontological foundations for structural conceptual models**. Enschede: Centre for Telematics and Information Technology, University of Twente, 2005. (CTIT PhD Thesis Series, 5-74; Telematica Instituut Fundamental Research Series, 15). Disponível em: <[http://doc.utwente.nl/50826/1/thesis\\_Guizzardi.pdf](http://doc.utwente.nl/50826/1/thesis_Guizzardi.pdf)>. Acesso em: 13 jul. 2015.

\_\_\_\_\_. The role of foundational ontology for conceptual modeling and domain ontology representtion. In: INTERNATIONAL BALTIC CONFERENCE ON DATABASES AND INFORMATION SYSTEMS (DB&IS), 7., 2006, Vilnius. **Proceedings...** Vilnius: IEEE, 2006. p. 17-25.

GUIZZARDI, G.; FALBO, R. A.; GUIZZARDI, R. S. S. A importância de ontologias de fundamentação para a engenharia de ontologias de domínio: o caso do domínio de processos de software. **Revista IEEE Latin America Transactions**, v. 6, n, 3, p. 244-251, jul. 2008. Disponível em: <[http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol06/vol6issue3July2008/6TLA3\\_03Guizzardi.pdf](http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol06/vol6issue3July2008/6TLA3_03Guizzardi.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2015.

GUIZZARDI, G.; WAGNER, G. Some applications of a unified foundational ontology in business modeling. In: GREEN, P.; ROSEMANN, M. (Ed.). **Business systems analysis with ontologies**. Pennsylvania: Idea Group Publishing, 2005. p. 345-367.

GUTWIN, C.; GREENBERG, S. The mechanics of collaboration: developing low cost usability evaluation methods for shared workspaces. In: WORKSHOP ON ENABLING TECHNOLOGIES: INFRASTRUCTURE FOR COLLABORATIVE ENTERPRISES (WET-ICE'00), 9., 2000, Maryland. **Proceedings...** Washington: IEEE, 2000. p. 98-103.

HUGHES, J. et al. Moving out from the control room: ethnography in system design. In: CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 1994, North Carolina. **Proceedings...** New York: ACM Press, 1994. p. 429-439.

JOHNSON, C. L. **A contextual approach to learning collaborative behavior via observation.** 2011. 314 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - University of Central Florida, Florida, 2011.

JOHNSON, C. L.; GONZALEZ, A. J. Learning collaborative behavior by observation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING AND APPLICATIONS (ICMLA), 9., 2010, Washington. **Proceedings...** Washington: IEEE, 2010. p. 99-104.

\_\_\_\_\_. Learning collaborative team behavior from observation. **Expert Systems with Applications: An International Journal**, New York, v. 41, n. 5, p. 2316-2338, abr. 2014.

KNOLL, S. W. et al. Collaboration ontology: applying collaboration knowledge to a generic group support system. In: GROUP DECISION AND NEGOTIATING MEETING, 11., 2010, Delft. **Proceedings...** Delft, 2010.

KNOLL, S. W.; HOERNING, M.; HORTON, G. A design approach for a universal group support system using thinkLets and thinXels. In: GROUP DECISION AND NEGOTIATION MEETING, 9., 2008, Coimbra. **Proceedings...** Coimbra, 2008.

KUNG, C. H. Conceptual modeling in the context of software development. **IEEE Transactions on Software Engineering**, v. 15, n. 10, p. 1176-1187, out. 1989.

LAW, A. M. How to build valid and credible simulation models. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, Austin, 2009. **Proceedings...** Washington: IEEE, 2009. p. 24-33.

LAW, A. M.; KELTON, D. W. **Simulation modeling and analysis.** 3.ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

MACHADO, R. G. **Um método etnográfico e colaborativo para a elicitación de requisitos.** 2008. 199 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Núcleo de Computação Eletrônica, Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

MACHADO, R. G.; BORGES, M. R. S.; GOMES, J. O. Supporting the system requirements elicitation through collaborative observations. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GROUPWARE, Omaha, 2008. **Proceedings...** Berlin: Springer, 2008. v. 5411. p. 364-379.

MADIN, J. et al. An ontology for describing and synthesizing ecological observation data. **Ecological Informatics**, v. 2, n.3, p. 279-296, 2006.

MAGDALENO, A. M.; ARAUJO, R. M. D.; BORGES, M. R. S. Designing collaborative processes. In: WORKSHOP ON BUSINESS PROCESS MODELING, DEVELOPMENT AND SUPPORT (BPMDS), 8., 2007, Trondheim. **Proceedings...** Trondheim, 2007. p. 283-290.

MAGDALENO, A. M.; ARAUJO, R. M.; WERNER, C. M. L. A roadmap to the collaboration maturity model (collabmm) evolution. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN (CSCWD), 15., 2011, Lausanne. **Proceedings...** IEEE, 2011. p. 105-112.

MARIA, A. Introduction to modeling and simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE (WSC'97), 29., 1997, Atlanta. **Proceedings...** Washington: IEEE, 1997. p. 7-13.

MARTINS, A. F. **Construção de ontologias de tarefa e sua reutilização na engenharia de requisitos**. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

MCGUINNESS, D. L. et al. The virtual solar-terrestrial observatory: a deployed semantic web application case study for scientific research. In: CONFERENCE ON INNOVATIVE APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (IAAI-07), 9., 2007, Vancouver. **Proceedings...** Vancouver, 2007. p. 1730-1737.

MILLEN, D. R. Rapid ethnography: time deepening strategies for HCI field. In: SYMPOSIUM ON DESIGNING INTERACTIVE SYSTEMS, 2000, New York. **Proceedings...** New York: ACM Press, 2000. p. 280-286.

MINICUCCI, A. **Técnicas de trabalho de grupo**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MYERS, M. D. Investigating information systems with ethnographic research. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 2, n. 23, dez. 1999.

MYLOPOULOS, J. Conceptual modeling and Telos. In: LOUCOPOULOS, P.; ZICARI, R. (Ed.). **Conceptual Modeling, Databases and CASE: an integrated view of information systems development**. New York: Wiley, 1992. cap. 2, p. 49-68.

NARDI, B. The use of ethnographic methods in design and evaluation. In: Helander, M. G.; Landauer, T. K.; Prabhu, P. (Ed.). **Handbook of human-computer interaction**. Amsterdã: Elsevier, 1997. p. 361-366.

PINELLE D.; GUTWIN C.; GREENBERG S. Task analysis for groupware usability evaluation: modeling shared-workspace tasks with the mechanics of collaboration. **ACM Transactions Computer-Human Interaction**, New York, v. 10, n. 4. p. 281-311, 2003.

PRITSKER, A. A. B. **Introduction to simulation and SLAM-II**. 3. ed. New York: Wiley, 1986.

OLIVÉ, A. **Conceptual modeling of information systems**. Berlin; New York: Springer, 2007.

OLIVEIRA, F.; ANTUNES, J.; GUIZZARDI, R. S. S. Towards a collaboration ontology. In: WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND METAMODELS FOR SOFTWARE AND DATA ENGINEERING (WOMSDE'07). 2., 2007, João Pessoa. **Proceedings...** João Pessoa, 2007. p. 97-108.

OLIVEIRA, F. F. **Uma ontologia de colaboração e suas aplicações**. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

RAJSIRI, V. et al. Collaborative process definition using an ontology-based approach. In: CAMARINHA-MATOS, Luis M.; PICARD, Willy (Ed.). **Pervasive Collaborative Networks**. New York: Springer, 2008. cap. 21, p. 205-212. (IFIP international federation for information processing, 283).

REKABDAR, B.; SHADGAR, B.; OSAREH, A. Learning teamwork behaviors approach: learning by observation meets case-based planning. In: ARTIFICIAL INTELLIGENCE: METHODOLOGY, SYSTEMS, AND APPLICATIONS (AIMSA'12). 15., 2012, Varna. **Proceedings...** Berlin: Springer-Verlag, 2012. p. 195-201.

ROBINSON, S. Conceptual modelling: who needs it? **SCS M&S Magazine**, California, n. 2, abr. 2010.

ROCHA, H. V. da; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. São Paulo: IME-USP, 2000.

RYAN, J.; HEAVEY, C. Process modeling for simulation. **Computers in Industry**, Amsterdã, v. 57, n. 5, p. 437-450, jun. 2006.

SHANNON, R. E. **Systems simulation: the art and science**. New Jersey: Prentice-Hall, 1975.

\_\_\_\_\_. Introduction to the art and science of simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 30., 1998, Washington. **Proceedings...** Washington: IEEE, 1998. v. 1. p. 7-14.

SILVA JUNIOR, L. C. L. **Suporte de computação móvel à etnografia colaborativa**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Núcleo de Computação Eletrônica, Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SIMPY. **Simulation with SimPy – API Reference**. SimPy Simulation Package Homepage. Disponível em: <[https://simpy.readthedocs.org/en/latest/api\\_reference/index.html](https://simpy.readthedocs.org/en/latest/api_reference/index.html)>. Acesso em: 10 out. 2014.

SOMMERVILLE, I. **Software engineering**. 8 ed. England; New York: Addison-Wesley, 2007.

TANG, J. C. Findings from observational studies of collaborative work. **International Journal of Man-Machine Studies**, Minnesota, v. 34, n. 2, p. 143-160, fev. 1991.

TARBOTON, D. G.; HORSBURGH, J. S.; MAIDMENT, D. R. **CUAHSI community observations data model (ODM), version 1.0, design specifications**, maio 2008. Disponível em: <<http://his.cuahsi.org/documents/odm1.1designspecifications.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

VILLELA, M. L. B.; OLIVEIRA, A. P.; BRAGA, J. L. Modelagem ontológica no apoio à modelagem conceitual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE, 18., 2004, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBES, 2004. p. 241-256.

VREEDE, G. J. de; KOLFSCHOTEN, G. L.; BRIGGS, R. O. Thinklets: a collaboration engineering pattern language. **International Journal of Computer Applications in Technology**, Geneva, v. 25, n. 2-3, p. 140-154, 2006.

WILLIAMS, R.; MARTINEZ, N.; GOLDBECK, J. Ontologies for Ecoinformatics. **Journal of Web Semantics**, v. 4, n.4, p. 237-242, 2006.

## APÊNDICE A – CÓDIGO DA SIMULAÇÃO DA BRIGADA DE BALDES

Conforme explicado no capítulo 6, a Simulação foi desenvolvida com o Simpy, na versão 3.0 (SIMPY, 2014).

```
import simpy
import sys
import time
from random import uniform
from random import randint
```

```
#####
```

```
# Variáveis Globais EXPERIMENTO. São configuradas no início da simulação
# Número de baldes utilizado na simulação - NBUCKETTOTAL
# Número total de participantes - NAGENT_TOTAL
# Quantidade de grupos formados pelos participantes - QTE_GROUPS
# Quantidade de participantes em cada grupo - NLINE_AGENT =
NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS
# Quantidade de participantes com a função de retornar o balde para a origem -
NRETURN_AGENT = 5 #noRunnerbucket
# Indicador se os participantes ficarão fixos em uma posição para retornar o balde -
RETURN_ISFIXED = False
# Quantidade de participantes com a função de encher - NDIP_AGENT
# Quantidade de participantes com a função de esvaziar o balde - NDUMP_AGENT
# Quantidade de participantes com a função de observadores - NOBSERVER
# Tempo máximo da simulação - MAXTIME
```

```
#####
```

```
#Variáveis utilizadas para simular o Primeiro Experimento
```

```
# Variáveis Globais 1o EXPERIMENTO - #1
##NBUCKETTOTAL = 12
###NAGENT_TOTAL = 8
##QTE_GROUPS = 1
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
##NRETURN_AGENT = 1 #noRunnerbucket
##RETURN_ISFIXED = False
##NDIP_AGENT = 1
##NDUMP_AGENT = 1
##NOBSERVER = 1
##MAXTIME= 4
```

```
# Variáveis Globais 1o EXPERIMENTO - #2
##NBUCKETTOTAL = 12
##NAGENT_TOTAL = 5
##QTE_GROUPS = 1
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
##NRETURN_AGENT = 2 #noRunnerBucket
##RETURN_ISFIXED = False
##NDIP_AGENT = 2
##NDUMP_AGENT = 2
##NOBSERVER = 1
##MAXTIME= 4
```

```
# Variáveis Globais 1o EXPERIMENTO - #3
##NBUCKETTOTAL = 12
##NAGENT_TOTAL = 6
##QTE_GROUPS = 2
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
##NRETURN_AGENT = 2 #noRunnerBucket
##RETURN_ISFIXED = False
##NDIP_AGENT = 2
##NDUMP_AGENT = 2
##NOBSERVER = 1
##MAXTIME= 4
```

```
# Variáveis Globais 1o EXPERIMENTO - #4
##NBUCKETTOTAL = 12
##NAGENT_TOTAL = 6
##QTE_GROUPS = 2
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
##NRETURN_AGENT = 2 #noRunnerBucket
##RETURN_ISFIXED = True
##NDIP_AGENT = 2
##NDUMP_AGENT = 2
##NOBSERVER = 1
##MAXTIME= 4
```

```
# Variáveis Globais 1o EXPERIMENTO - #5
##NBUCKETTOTAL = 12
##NAGENT_TOTAL = 6
##QTE_GROUPS = 1
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
##NRETURN_AGENT = 4 #noRunnerBucket
##RETURN_ISFIXED = True
##NDIP_AGENT = 1
##NDUMP_AGENT = 1
##NOBSERVER = 1
##MAXTIME= 4
```

```
#####
```

```
# Variáveis Globais EXPERIMENTO - EXEMPLO Dissertação - Capítulo 6
```

```
##NBUCKETTOTAL = 30
```

```
##NAGENT_TOTAL = 16
```

```
##QTE_GROUPS = 2
```

```
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
```

```
##NRETURN_AGENT = 5 #noRunnerbucket
```

```
##RETURN_ISFIXED = False
```

```
##NDIP_AGENT = 2
```

```
##NDUMP_AGENT = 2
```

```
##NOBSERVER = 1
```

```
##MAXTIME= 5
```

```
#####
```

```
# Variáveis Globais 2o EXPERIMENTO - #1 - GRUPO A #108 baldes
```

```
##NBUCKETTOTAL = 20
```

```
##NAGENT_TOTAL = 13
```

```
##QTE_GROUPS = 1
```

```
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
```

```
##NRETURN_AGENT = 5 #noRunnerbucket
```

```
##RETURN_ISFIXED = False
```

```
##NDIP_AGENT = 1
```

```
##NDUMP_AGENT = 1
```

```
##NOBSERVER = 1
```

```
##MAXTIME= 6
```

```
# Variáveis Globais 2o EXPERIMENTO - #2 - GRUPO B
```

```
##NBUCKETTOTAL = 20
```

```
##NAGENT_TOTAL = 13
```

```
##QTE_GROUPS = 1
```

```
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
```

```
##NRETURN_AGENT = 5 #noRunnerbucket
```

```
##RETURN_ISFIXED = False
```

```
##NDIP_AGENT = 1
```

```
##NDUMP_AGENT = 1
```

```
##NOBSERVER = 1
```

```
##MAXTIME= 6
```

```
# Variáveis Globais 2o EXPERIMENTO - #3 - GRUPO A #86 baldes
```

```
##NBUCKETTOTAL = 20
```

```
##NAGENT_TOTAL = 12
```

```
##QTE_GROUPS = 1
```

```
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
```

```
##NRETURN_AGENT = 6 #noRunnerbucket
```

```

##RETURN_ISFIXED = True
##NDIP_AGENT = 1
##NDUMP_AGENT = 1
##NOBSERVER = 1
##MAXTIME= 5

# Variáveis Globais 2o EXPERIMENTO - #4 - GRUPO B
##NBUCKETTOTAL = 20
##NAGENT_TOTAL = 12
##QTE_GROUPS = 1
##NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
##NRETURN_AGENT = 6 #noRunnerbucket
##RETURN_ISFIXED = True
##NDIP_AGENT = 1
##NDUMP_AGENT = 1
##NOBSERVER = 1
##MAXTIME= 5

# Variáveis Globais 2o EXPERIMENTO - #5 - GRUPOS A e B #192 baldes
NBUCKETTOTAL = 30
NAGENT_TOTAL = 13
QTE_GROUPS = 2
NLINE_AGENT = NAGENT_TOTAL/QTE_GROUPS #noAgentBucket
NRETURN_AGENT = 6 #noRunnerbucket
RETURN_ISFIXED = True
NDIP_AGENT = 2
NDUMP_AGENT = 2
NOBSERVER = 1
MAXTIME= 3.5

# Classe que representa a sessão colaborativa
class ObservationAnnouncement(object):
    def __init__(self, env, name, sender):
        self.env = env
        self.name = name
        self.sender = sender #Agent
        self.receiver = receiver #Agent

# Classe que representa a sessão colaborativa
class CollaborativeSession(object):
    def __init__(self, env):
        self.env = env
        self.nBucketSource = NBUCKETTOTAL
        self.nBucketSink = 0
        self.nBucketDumped = 0
        # cria a equipe
        self.team = TeamOperation(env, "Team Operation", [], [], [], [])

```

```

self.team.generateAgent()
# cria os observadores
self.obsGroup = ObservationGroupLocal(env, "Observation Group Local", [])
self.obsGroup.generateAgent()
# cria a atividade de observação
self.obsActivity = ObservationActivity(env, self, 'BUCKET')
self.water_dumped = 0

# Dependendo da complexidade do evento, será gasto um tempo maior
class Event(object): #Evento acontece em um determinado passo,
    def __init__(self, env, name, complexity, bucket):
        self.env = env
        self.name = name
        self.complexity = complexity # A = Alta, M = Média, B = Baixa
        self.bucket = bucket

class ExpectedEvent(Event):
    # Evento previsto (baixo): Deixar o balde cair - balde segue sem água
    def executeEvent_BucketDropped(self):
        # balde perdeu a água
        self.bucket.capacity = 0
        return self.bucket.capacity

    # Evento previsto (baixo): Perder agua do balde - percentual de perda
    def executeEvent_BucketDroppedWater(self, percentual):
        # balde perdeu a água
        self.bucket.capacity = self.bucket.capacity * (1-(percentual/100.0))
        print('Bucket new capacity %d %f' %(self.bucket.capacity, float(percentual/100)))
        return self.bucket.capacity

    # Evento previsto (baixo): Incluir participante na equipe em uma posição(=line)/role
    (agent/runner)
    def executeEvent_insertParticipant(self, team, position, role):
        team.insertParticipant(self, position, role)

    # Evento previsto (baixo): Trocar agente - pessoa precisa ser substituída
    def executeEvent_ChangeParticipant(self, ag1):
        time.sleep(1) #Reservo um tempo para a troca

    # Evento previsto (médio): Perder um balde @@@
    def executeEvent_BucketLost(self):
        deleteOperation(self)

    # Evento previsto (médio): Retirar agente
    def executeEvent_RemoveAgent(self, team, ag):
        i = team.lAgents.index(ag)
        # se a posição do agente 'SOURCE' ou 'SINK', preciso colocar outro agente nessa posição

```

```

if ag.position == 'SOURCE':
    team.lAgents[i+1].position = 'SOURCE'
elif ag.position == 'SINK':
    team.lAgents[i-1].position = 'SINK'
team.removeAgent(self, ag)

# Evento previsto (alto): Substituir equipe toda   @@@
def executeEvent_ChangeTeam(self, team):
    team.changeTeam(self, ag1, ag2)

#class ExpectedEvent_BucketDropped(ExpectedEvent):

# Eventos não previstos. Ex.: pessoa se machucou; é necessário socorrer e retirar a pessoa
do local
class UnexpectedEvent(Event):
    # tempo gasto no evento, de acordo com a complexidade
    def executeEvent(self):
        if self.complexity == 'A':
            yield self.env.timeout(1)
        elif self.complexity == 'M':
            yield self.env.timeout(0.5)
        else:
            yield self.env.timeout(0.2)

# Evento acontece em um determinado passo,
class OcEvento(object):
    def __init__(self, env, event, activity, step, participant):
        self.env = env
        self.event = self.event
        self.activity = activity
        self.step = step
        self.participant = participant

# Pessoa que participa da sessão colaborativa
class Agent(object):
    def __init__(self, env, identification, name, role, energy, position, skill, context):
        self.env = env
        self.identification = identification
        self.name = name
        self.role = role ## 'RETURN_AGENT', 'LINE_AGENT', 'DIP_AGENT', 'DUMP_AGENT',
'OBSERVER'
        self.energy = energy
        self.position = position # 'SOURCE', 'LINE', 'SINK'
        self.skill = skill # 'FAST', 'SLOW'
        self.context = context

    def modifyEnergy(self, novoValor):

```

```

    self.energy = novoValor

class ColaborationGroup(object):
    name = ""

class ObservationGroup(ColaborationGroup):
    def __init__(self, env, name, IObservers):
        self.env = env
        self.name = "Observation Group"
        self.IObservers = IObservers

    def generateAgent(self):
        i=0
        while i < NOBSERVER:
            identification = i + 1
            name = 'OBSERVER%02d'%(i+1)
            c = Agent(self.env, identification, name, 'OBSERVER', 100, "", "", "")
            self.IObservers.append(c)
            i = i + 1

class ObservationGroupLocal(ObservationGroup):
    name = "Observation Group Local"

class ObservationGroupRemote(ObservationGroup):
    name = "Observation Group Remote"

##Classe que representa o Grupo Observado, que está trabalhando de forma colaborativa
class TeamOperation(ColaborationGroup):
    def __init__(self, env, name, IAgents, IDipAgents, IDumpAgents, IReturnAgents):
        self.env = env
        self.name = name
        self.groups = []
        self.IDipAgents = IDipAgents
        self.IDumpAgents = IDumpAgents
        self.IReturnAgents = IReturnAgents

    def insertParticipant(self, position, role): ## Pode inserir o agent em line (position = line)
ou o runner
        if role == 'LINE_AGENT':
            identification = len(self.ILineAgents) - 1
            name = 'Line Agent%02d'%(identification)
        else:
            identification = len(self.IReturnAgents) - 1
            name = 'Return Agent %02d'%(identification)
        c = Agent(self.env, identification, name, role, 100, position, "", 'WAITING')

        if role == 'LINE_AGENT':

```

```

        self.lLineAgents.insert(position, c)
    else:
        self.lReturnAgents.append(c)

def removeAgent(ag):
    if ag.role == 'LINE_AGENT':
        self.lLineAgents.remove(ag)
    else:
        self.lReturnAgents.remove(ag)

def ChangeParticipant(self, ag1, ag2):
    ag1,ag2=ag2,ag1

def generateAgent(self):
    i = 0
    while i < QTE_GROUPS:
        j = 0
        wGrp = WorkGroup(env, [])
        self.groups.append(wGrp)
        while j < (NLINE_AGENT):
            identification = j + 1
            name = 'Line Agent%02d - Group%02d'%(identification, i+1)
            #print('Line Agent%02d - Group%02d'%(identification, i+1))
            position = 'LINE'
            #1o experiment / #2o experiment – 1a e 3ª rodadas
            c = Agent(self.env, identification, name, 'LINE_AGENT', 100, position,
'FAST','WAITING')
            #2o experiment – 5a rodada
            c = Agent(self.env, identification, name, 'LINE_AGENT', 80, position,
'SLOW','WAITING')
            self.groups[i].lGroupAgents.append(c)
            j = j + 1
            i = i + 1

    i = 0
    while i < NDIP_AGENT:
        identification = i + 1
        name = 'Dip Agent%02d'%(i+1)
        if i == 0:
            position = 'SOURCE'
        c = Agent(self.env, identification, name, 'DIP_AGENT', 100, position, 'FAST',
'WAITING')
        self.lDipAgents.append(c)
        i = i + 1

    i = 0
    while i < NDUMP_AGENT:

```

```

    identification = i + 1
    name = 'Dump Agent%02d'%(i+1)
    if i == 0:
        position = 'SINK'
    c = Agent(self.env, identification, name, 'DUMP_AGENT', 100, position, 'FAST',
'WAITING')
    self.IDumpAgents.append(c)
    i = i + 1

```

```

i = 0
while i < NRETURN_AGENT:
    identification = i + 1
    name = 'Return Agent %02d'%(i+1)
    c = Agent(self.env, identification, name, 'RETURN_AGENT', 100, "", 'FAST', "")
    self.IReturnAgents.append(c)
    i = i + 1

```

```

class WorkGroup(object):
    def __init__(self, env, IGroupAgents):
        self.env = env
        self.IGroupAgents = IGroupAgents

```

```

class HumanResourceAllocation(object):
    def __init__(self, env, IAgents):
        self.env = env
        self.IAgents = IAgents

```

```

class ActivityOcurrance(object):
    def __init__(self, env, name):
        self.env = env
        self.name = name #'GRAB' ('TURNING_TO_GRAB', 'GRABBING'), 'HAND'
('TURNING_TO_HAND', 'HANDING'), 'WAITING' (), 'DIP' ('DIPPING', 'TURNING_TO_HAND'),
'DUMP' (DUMPING)
        self.step = 0.0 ##framedBy
        self.stateInicial = ""
        self.stateFinal = ""

```

```

def alterFinalState(self, act):
    if self.name == 'DIP' and self.stateInicial == 'DIPPING':
        self.stateFinal = 'TURNING_TO_HAND'
    elif self.name == 'HAND' and self.stateInicial == 'TURNING_TO_HAND':
        self.stateFinal = 'HANDING'
    elif self.name == 'GRAB' and self.stateInicial == 'TURNING_TO_GRAB':
        self.stateFinal = 'GRABBING'
    elif self.name == 'WAITING' and self.stateInicial == 'WAITING':
        self.stateFinal = 'WAITING'
    elif self.name == 'DUMP' and self.stateInicial == 'DUMPING':

```

```

        self.stateFinal = "
else:
    self.stateFinal = "

class AtomicActivityOcurrency(ActivityOcurrance):
    #listaActivityObservacao = [] ##possui n
    def __init__(self, env, name, description, IAlocacaoRecurso, materialResouce, stateInicial,
obsSession):
        self.env = env
        self.name = name #'GRAB' ('TURNING_TO_GRAB', 'GRABBING'), 'HAND'
('TURNING_TO_HAND', 'HANDING'), 'WAITING' (), 'DIP' ('DIPPING', 'TURNING_TO_HAND'),
'DUMP' (DUMPING)
        self.description = description
        self.IAlocacaoRecurso = IAlocacaoRecurso
        self.materialResouce = materialResouce
        self.step = 0.0 ##framedBy
        self.stateInicial = stateInicial
        self.stateFinal = "
        self.obsSession = obsSession

    def executeAction(self, timeAction): #
        textStr = "\n '+ self.description+' %d %2f. - Agente %s\n' %"
(self.materialResouce.number, env.now, self.IAlocacaoRecurso.IAgents[0].name)
        self.obsSession.obsActivity.writeInFileObj(textStr)

        startTime = 0.00
        startTime = timeAction

        if (self.IAlocacaoRecurso.IAgents[0].skill == 'SLOW'):
            startTime += 0.02

        if (self.IAlocacaoRecurso.IAgents[0].energy <= 100) and
(self.IAlocacaoRecurso.IAgents[0].energy > 80): #or
(self.IAlocacaoRecurso.IAgents[1].energia)):
            yield self.env.timeout(startTime) #(self.IAlocacaoRecurso.IAgents[0].energy/100)
        elif (self.IAlocacaoRecurso.IAgents[0].energy <= 80) and
(self.IAlocacaoRecurso.IAgents[0].energy > 50):
            yield self.env.timeout(startTime*1.2)
        else:
            yield self.env.timeout(startTime*1.4)

        ###startTime +=

        self.step = env.now

        if self.name == 'RETURN':

```

```

        self.obsSession.obsActivity.writeInFileObj('\nBucket      %s      returned      \n'
%(self.materialResouce.number))

        self.obsSession.obsActivity.executeDataLog(env.now, 'BUCKET')

        self.alterFinalState(self.name)

class MaterialResource(object):
    def __init__(self, env):
        self.env = env

# Classe que representa o recurso material utilizado
class Bucket(MaterialResource):
    def __init__(self, env, number):
        self.env = env
        self.capacity = 8 #8 litros #Todos os baldes são do mesmo tamanho
        self.bucketResource = simpy.Resource(env, capacity=1)
        self.number = number

# Define a operação de observação
class ObservationOperation(object):
    def __init__(self, env, bucket, obsSession):
        self.env = env
        self.bucket = bucket
        self.observationSession = obsSession

# Função que determina a ocorrência de alguns eventos, em um determinado passo, para
um recurso material e humano
def verificaEvento(self, env, nameAct, step, participant):
    ## return 1 # Utilizado para não executar nenhum evento durante a simulação

    texto = ""
    # Representa a perda de água durante o experimento
    if (nameAct == 'GRAB') or (nameAct == 'HAND'): #considera a perda de água para pegar
e passar o balde
        # Evento previsto (baixo): Deixar o balde cair - balde perde água
        ev1 = ExpectedEvent (env, 'BucketDroppedWater', 'B', self.bucket)
        self.bucket.capacity = ev1.executeEvent_BucketDroppedWater(randint(0,1)) # um
valor entre 0 e 1%
        texto = '@@@ Event occurred - %s Step: %d, %.2f - Action: %s - Participant: %s
@@@\n' %(ev1.name, step, env.now, nameAct, participant.name)

    if (nameAct == 'DIP'): #considera que o balde já não está totalmente cheio
        ev1 = ExpectedEvent (env, 'BucketDroppedWater', 'B', self.bucket)
        self.bucket.capacity = ev1.executeEvent_BucketDroppedWater(randint(18,20))
        texto = '@@@ Event occurred - %s Step: %d, %.2f - Action: %s - Participant: %s
@@@\n' %(ev1.name, step, env.now, nameAct, participant.name)

```

```

# Representa a queda de baldes durante o experimento. É um valor estimado: a cada 30
balde, 1 cai. Esse evento atrasa um pouco a fila.
if      ((self.observationSession.nBucketDumped%30)      ==      0)      and
(self.observationSession.nBucketDumped != 0) and (nameAct == 'DUMP'):
    # Evento previsto (baixo): Deixar o balde cair - balde segue sem água
    ev2 = ExpectedEvent (env, 'BucketDropped', 'B', self.bucket)
    self.bucket.capacity = ev2.executeEvent_BucketDropped()
    # tempo para pegar o balde do chão
    yield self.env.timeout(0.1)
    texto = '@@@ Event occurred - %s Step: %d, %.2f - Action: %s - Participant: %s
@@@\n' %(ev2.name, step, env.now, nameAct, participant.name)

# Evento previsto (baixo): Trocar agente - pessoa precisa ser substituída.
if      ((self.observationSession.nBucketDumped%40)      ==      0)      and
(self.observationSession.nBucketDumped != 0) and (nameAct == 'DIP'):
    ev3 = ExpectedEvent (env, 'ChangeParticipant', 'B', self.bucket)

    ev3.executeEvent_ChangeParticipant(participant)
    yield self.env.timeout(0.1)
    texto = '@@@ Event occurred - %s Step: %d, %.2f - Action: %s - Participant: %s
@@@\n' %(ev3.name, step, env.now, nameAct, participant.name)

if      ((self.observationSession.nBucketDumped%80)      ==      0)      and
(self.observationSession.nBucketDumped != 0) and (nameAct == 'DIP'):
    ev4 = UnexpectedEvent (env, 'Parada aleatória', 'M', self.bucket)

    ev4.executeEvent()
    texto = '@@@ Event occurred - %s Step: %d, %.2f - Action: %s - Participant: %s
@@@\n' %(ev4.name, step, env.now, nameAct, participant.name)

if texto != '':
    self.observationSession.obsActivity.writeInFileObj(texto)

def operation(self, env):
    index = 0
    t = 0
    #Se tiver dois grupos, precisa escolher um grupo
    grp = 1
    if QTE_GROUPS != 1:
        grp = randint(1, QTE_GROUPS)

    while True:
        # Para encher o balde de água
        with self.bucket.bucketResource.request() as request:
            # Se tiver mais de um Agente DIP, precisa escolher um para encher o balde

```

```

if len(self.observationSession.team.IDipAgents) > 1:
    iDip = randint(0,len(self.observationSession.team.IDipAgents)-1)
else:
    iDip = 0
personDip = self.observationSession.team.IDipAgents[iDip]

# Aguarda enquanto agente está ocupado
while ((personDip.context != 'WAITING') or
(self.observationSession.team.groups[grp-1].IGroupAgents[0].context != 'WAITING')):
    #yield env.timeout(uniform(0.01,0.02))
    yield env.timeout(uniform(0.00,0.0001))

personDip.context = 'DIPPING'
yield request

# Cria a lista de recursos para a execução da ação
IHumanResources = []
IHumanResources.append(personDip)
# Para usar o primeiro elemento da fila (line)
IHumanResources.append(self.observationSession.team.groups[grp-
1].IGroupAgents[0])

# Aloca os recursos para a ação
haloc = HumanResourceAllocation(env, IHumanResources)
# Cria a ação atômica
aa = AtomicActivityOcurrency(self.env, 'DIP', 'Dipping the Bucket', haloc,
self.bucket, personDip.context, self.observationSession)

print('Dipping the Bucket %d %.2f. - Agente %s' % (self.bucket.number, env.now,
personDip.name))
yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.015,0.025))) #Tempo para o primeiro
experimento
#yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.010,0.015))) #Tempo para o
segundo experimento # entre 0.5 e 1 segundo

# Verifica a ocorrência de eventos nameAct, step, participant
yield env.process(self.verificaEvento(env, aa.name, t, personDip))

personDip.context = 'TURNING_TO_HAND'
self.observationSession.team.groups[grp-1].IGroupAgents[0].context =
'TURNING_TO_GRAB'

# Aloca os recursos para a ação
haloc = HumanResourceAllocation(env, IHumanResources)
# Cria a ação atômica
aa = AtomicActivityOcurrency(self.env, 'HAND', 'Handing the Bucket', haloc,
self.bucket, personDip.context, self.observationSession)

```

```

        print('Handing the Bucket %d %.2f. - Agente %s' % (self.bucket.number, env.now,
personDip.name))
        #yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.01,0.001))) #Tempo para o primeiro
experimento
        yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.008,0.015))) #Tempo para o segundo
experimento

        # Verifica a ocorrência de eventos
        #print('Verifica evento %s %.2f. - Agente %s' % (aa.name, t,personDip.name))
        yield env.process(self.verificaEvento(env, aa.name, t, personDip))

        personDip.context = 'WAITING'
        self.observationSession.team.groups[grp-1].IGroupAgents[0].context = 'WAITING'

        # Line
        for index, person in enumerate(self.observationSession.team.groups[grp-
1].IGroupAgents):
            if person.position == 'LINE':
                with self.bucket.bucketResource.request() as request:
                    person.context = 'HANDING'
                    yield request

                # Cria a lista de recursos para a execução da ação
                IHumanResources = []
                IHumanResources.append(person)
                if index < (len(self.observationSession.team.groups[grp-1].IGroupAgents)-1):
                    IHumanResources.append(self.observationSession.team.groups[grp-
1].IGroupAgents[index+1])

                # Aloca os recursos para a ação
                haloc = HumanResourceAllocation(env, IHumanResources)
                # Cria a ação atômica para a passagem do balde
                aa = AtomicActivityOcurrency(self.env, 'GRAB', 'Grabbing the Bucket', haloc,
self.bucket, person.context, self.observationSession)
                print('Grabbing the Bucket %d %.2f. - Agente %s' % (self.bucket.number,
env.now, person.name))
                # Executa a ação usando um tempo de forma aleatória
                #yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.001,0.01))) #Tempo para o
primeiro experimento
                yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.008,0.015))) #Tempo para o
segundo experimento

                # Verifica a ocorrência de eventos
                yield env.process(self.verificaEvento(env, aa.name, t, person))

                # *** Mudar o contexto em função da ação
                if index != 0:

```

```

        self.observationSession.team.groups[grp-1].IGroupAgents[index-1].context =
'WAITING'
        person.context = 'TURNING_TO_HAND'
        if index < (len(self.observationSession.team.groups[grp-1].IGroupAgents)-1):
            self.observationSession.team.groups[grp-1].IGroupAgents[index+1].context =
'TURNING_TO_GRAB'

        # Aloca os recursos para a ação
        haloc = HumanResourceAllocation(env, IHumanResources)#, 'hand',
self.bucket.number)
        # Cria a ação atômica para o recebimento do balde
        aa = AtomicActivityOcurrency(self.env, 'HAND', 'Handing the Bucket', haloc,
self.bucket, person.context, self.observationSession)
        print('Handing the Bucket %d %.2f. - Agente %s' % (self.bucket.number,
env.now, person.name))
        #yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.001,0.01))) #Tempo para o
primeiro experimento
        yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.008,0.015))) #Tempo para o
segundo experimento

        # Verifica a ocorrência de eventos
        yield env.process(self.verificaEvento(env, aa.name, t, person))

        person.context = 'WAITING'

with self.bucket.bucketResource.request() as request:

    #person = self.observationSession.IDumpAgents[0]
    if len(self.observationSession.team.IDumpAgents) > 1:
        iDump = randint(0,len(self.observationSession.team.IDumpAgents)-1)
    else:
        iDump = 0
    personDUMP = self.observationSession.team.IDumpAgents[iDump]

    personDUMP.context = 'TURNING_TO_GRAB'
    yield request

    #aloca os recursos para a ação
    IHumanResources = []
    IHumanResources.append(personDUMP)
    #aloca os recursos para a ação
    haloc = HumanResourceAllocation(env, IHumanResources)#, 'hand',
self.bucket.number)

    #cria a ação atômica
    aa = AtomicActivityOcurrency(self.env, 'GRAB', 'Grabbing the Bucket', haloc,
self.bucket, personDUMP.context, self.observationSession)

```

```

        print('Grabbing the Bucket %d %.2f. - Agente %s' % (self.bucket.number, env.now,
personDUMP.name))
        #yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.001,0.010))) #Tempo para o
primeiro experimento
        yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.008,0.015))) #Tempo para o segundo
experimento

        # Verifica a ocorrência de eventos
        yield env.process(self.verificaEvento(env, aa.name, t, personDUMP))

        personDUMP.context = 'DUMPING'

        #aloca os recursos para a ação
        IHumanResources = []
        IHumanResources.append(personDUMP)
        haloc = HumanResourceAllocation(env, IHumanResources)

        #cria a ação atômica
        aa = AtomicActivityOcurrency(self.env, 'DUMP', 'Dumping the Bucket', haloc,
self.bucket, personDUMP.context, self.observationSession)

        print('Dumping the Bucket %d %.2f. - Agente %s' % (self.bucket.number, env.now,
personDUMP.name))
        #yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.01,0.02)))#Tempo para o primeiro
experimento
        yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.008,0.015))) #Tempo para o segundo
experimento

        # Verifica a ocorrência de eventos
        yield env.process(self.verificaEvento(env, aa.name, t, personDUMP))

        personDUMP.context = 'WAITING'

        self.observationSession.nBucketSource = self.observationSession.nBucketSource - 1
        self.observationSession.nBucketSink = self.observationSession.nBucketSink + 1
        print('Source %d Sink %d') % (self.observationSession.nBucketSource,
self.observationSession.nBucketSink)

        ## Verifica se existem baldes em sink, RETORNO BALDES
        if self.observationSession.nBucketSink != 0:
            # Implementa o retorno dos baldes
            print('RETORNO BALDE !!! ' )
            self.observationSession.nBucketSink = self.observationSession.nBucketSink - 1
            self.observationSession.nBucketSource = self.observationSession.nBucketSource + 1
            with self.bucket.bucketResource.request() as request:
                #Se agente não é fixo, escolhe uma pessoa para o retorno do balde

```

```

if RETURN_ISFIXED == False:
    if len(self.observationSession.team.IReturnAgents) > 1:
        iReturn = randint(0,len(self.observationSession.team.IReturnAgents)-1)
    else:
        iReturn = 0
    personRETURN = self.observationSession.team.IReturnAgents[iReturn]

    yield request

    #aloca os recursos para a ação
    IHumanResources = []
    IHumanResources.append(personRETURN)

    # Aloco ao runner a tarefa de levar o balde para source
    haloc = HumanResourceAllocation(env, IHumanResources)#, 'return_bucket',
self.bucket.number)

    #cria a ação atômica
    aa = AtomicActivityOcurrency(env, 'RETURN', 'Returning the Bucket', haloc,
self.bucket, personRETURN.context, self.observationSession)

    enInd = (1 + ((self.observationSession.nBucketDumped)* 0.0010))
    tInd = (0.1000) * enInd
    yield env.process(aa.executeAction(tInd))
    #Se agente é fixo, balde é passado por todos os agentes de retorno
    else:
        for          indexR,          personR          in
enumerate(self.observationSession.team.IReturnAgents):
            yield request

            #aloca os recursos para a ação
            IHumanResources = []
            IHumanResources.append(personR)

            # Aloco ao runner a tarefa de levar o balde para source
            haloc = HumanResourceAllocation(env, IHumanResources)#, 'return_bucket',
self.bucket.number)

            #cria a ação atômica
            aa = AtomicActivityOcurrency(env, 'RETURN', 'Returning the Bucket', haloc,
self.bucket, personR.context, self.observationSession)

            yield env.process(aa.executeAction(uniform(0.025,0.030)))

self.observationSession.water_dumped          =
self.observationSession.water_dumped + self.bucket.capacity
    #Atualiza o contador de baldes retornados da simulação

```

```

    if self.bucket.capacity != 0:
        self.observationSession.nBucketDumped += 1

        #DataLog(env.now, self.observationSession.team.IRunners)
        print('RETURN')
        print('Bucket %s returned - Buckets at source %d - Buckets at sink %d.' %
              (self.bucket.number, self.observationSession.nBucketSource,
               self.observationSession.nBucketSink))
        t = t + 1

    def deleteOperation(self):
        del(self)

# Classe que representa a atividade de observação em uma sessão colaborativa, de acordo
#com uma perspectiva: de acordo com o balde observado, ou o agente observado ou
#a atividade executada
class ObservationActivity(object):
    def __init__(self, env, obsSession, perspectiva):
        self.env = env
        self.obsSession = obsSession
        self.perspectiva = perspectiva #Balde, Agente, Atividade
        self.dataLog = DataLog(env)

# De acordo com a perspectiva, grava as informações relevantes.
def executeDataLog(self, time, perspectiva):
    if perspectiva == 'BUCKET': #Perspectiva @@@@
        self.dataLog.pListBucket.append('TIME = %.2f. \n' % (time))
        IAgents = self.obsSession.team.groups[0].IGroupAgents
        for person in IAgents:
            self.dataLog.pListBucket.append('%s - Position: %s - Context: %s \n' %
            (person.name, person.position, person.context))
            self.dataLog.pListBucket.append('WATER_DUMPPED = %.2f. - BUCKETS = %d \n' % (
            self.obsSession.water_dumped, self.obsSession.nBucketDumped))

# Inclui uma determinada informação no log
def writeInFileObj(self, texto):
    self.dataLog.pListBucket.append(texto)

# Classe responsável por gravar os dados observados a partir de uma determinada
perspectiva.
class DataLog(object):
    def __init__(self, env):
        self.FILENAME_BUCKET = 'C:\Python27\logFileBucket' + '.txt'
        self.FILENAME_AGENT = 'C:\Python27\logFileAgent' + '.txt'
        self.FILENAME_ACTIVITY = 'C:\Python27\logFileActivity' + '.txt'
        self.pListBucket = []
        self.pListAgent = []

```

```

self.pListActivity = []

## Modelo -----
# Configura e inicia a simulação
print('Bucket Brigade')

# Cria o ambiente de execução para a simulação baseada em evento
env = simpy.Environment()

# Cria a sessão colaborativa
obsSession = CollaborativeSession(env)

# Cria os recursos e operações
i = 0
while i < NBUCKETTOTAL:
    bucket = Bucket(env, i+1)

    # Para cada balde, cria uma operação e o respectivo processo
    obsOperation = ObservationOperation(env, bucket, obsSession)
    env.process(obsOperation.operation(env))

    # Incrementa o contador que representa o número de baldes
    i = i + 1

# Executa os próximos eventos da simulação até o tempo definido por MAXTIME
env.run(MAXTIME)

# Gera o arquivo com os dados do log
with open(obsSession.obsActivity.dataLog.FILENAME_BUCKET , 'w+') as filptr:
    for item in obsSession.obsActivity.dataLog.pListBucket:
        filptr.write("%s" % item)

```