

6

Estudos de caso usando MAS-ML

Neste capítulo são apresentados os estudos de caso conduzidos para avaliação do Observed-MAS instanciado para MAS-ML.

6.1.

Descrição geral dos estudos realizados

A realização de estudos de caso é uma forma efetiva de acrescentar evidência empírica que auxilie no entendimento de técnicas e métodos em engenharia de software (Basili et al, 1986). Assim, durante a elaboração do método Observed-MAS foram realizados dois estudos de caso, os quais foram determinantes para a definição final do método proposto. Cada estudo de caso foi realizado com propostas diferentes.

O primeiro estudo foi determinante no processo de maturação do método, pois foi a partir dele que se chegou à versão final do Observed-MAS. Neste estudo, considerou-se a modelagem de um SMA para o domínio de mercados virtuais. Pode-se dizer que este estudo de caso foi um exemplo básico, pois foi analisada uma modelagem composta por um diagrama simples (composto por poucas entidades) de cada tipo, dentre os diagramas previstos no metamodelo MAS-ML.

O segundo estudo considerou a modelagem de um SMA para o domínio de gerenciamento de congressos de pesquisa. Este estudo foi conduzido usando-se, desde o início, a versão final do Observed-MAS, com uma modelagem composta por um maior número de entidades e diagramas, e que gerou uma base de conhecimento com cerca de duas mil linhas de código. Neste caso, pretendia-se avaliar o método e especificar uma ferramenta de apoio à automatização do Observed-MAS para MAS-ML.

Este capítulo é organizado da seguinte maneira: a seção 6.2 apresenta o estudo de caso relativo ao domínio de mercados virtuais, a seção 6.3 apresenta o estudo de caso relativo ao domínio de gerenciamento de congressos de

pesquisa e a seção 6.4 apresenta as lições aprendidas com os resultados obtidos.

6.2.

Estudo de caso 1: Mercados virtuais

Como primeiro estudo de caso, utilizou-se a modelagem de um mercado virtual. O SMA considerado neste estudo foi descrito e modelado em (Silva, 2004). Mercados virtuais são mercados localizados na web, onde usuários podem comprar produtos. Cada mercado virtual (ou mercado principal) define dois mercados secundários: um especializado na venda e compra de livros novos e outro especializado na venda e compra de livros usados. O mercado principal calcula os lucros a partir das informações enviadas pelos mercados secundários. O ambiente onde os mercados estão inseridos é o mercado virtual. É no ambiente que os livros são armazenados. Vendedores e compradores são definidos no contexto do mercado principal e dos mercados secundários.

A proposta deste estudo de caso era, inicialmente, avaliar as consultas referentes às violações às propriedades dos diagramas MAS-ML, utilizando-se uma versão anterior do método, composta por uma única fase (Brandão et al, 2005a). Nesta versão a ontologia considerada para estruturação da base de conhecimento era a ontologia Ont2 e os conjuntos de consultas eram os mesmos (QV1 e QV2).

O teste da versão unifásica do método teve início com a base de conhecimento gerada por parte da modelagem apresentada em (Silva, 2004), executou-se as consultas sobre violações às propriedades dos diagramas MAS-ML e obteve-se respostas vazias, o que indicava modelagem bem estruturada.

Após a execução das consultas, e confirmação de que a modelagem era bem estruturada, iniciou-se o processo de avaliação das mesmas através da introdução deliberada de erros nos diagramas. Observou-se, então, que a introdução de violações a propriedades intra-diagramas gerava bases de conhecimento inconsistentes, e que o aparato dedutivo do sistema usado (RACER) não informava ao usuário onde a inconsistência ocorria. Tal fato limitava o suporte fornecido ao desenvolvedor durante a construção dos diagramas, e este problema não era exclusivo do sistema utilizado, mas de sistemas de representação de conhecimento em geral. Para contornar o problema descrito optou-se pela divisão da estruturação das bases de

conhecimento em três fases, numa segunda versão do método (Brandão et al, 2005b).

A primeira fase passou a ser estruturada por uma ontologia pouco restritiva, que continha apenas os conceitos relacionados às entidades e relacionamentos que compunham o metamodelo de MAS-ML e do TAO, mais as propriedades necessárias para que o serviço de consulta do sistema pudesse descobrir as violações às propriedades intra-diagramas que geravam inconsistências na base de conhecimento durante os primeiros testes. As consultas relativas às propriedades internas das entidades e dos diagramas MAS-ML eram executadas nesta fase.

A segunda fase ficou estruturada por uma extensão da primeira ontologia a partir da adição de axiomas que continham as propriedades internas das entidades e dos diagramas MAS-ML. As consultas relacionadas às propriedades inter-diagramas MAS-ML eram executadas nesta fase.

Finalmente, a terceira fase era estruturada por uma extensão da segunda ontologia, a partir da introdução de axiomas que continham as propriedades inter-diagramas MAS-ML. As consultas desta fase eram relacionadas às boas práticas de modelagem usando MAS-ML.

Durante os testes desta segunda versão do método observou-se dois pontos relevantes. O primeiro ponto era relativo à pouca valia que as consultas relativas às sugestões de boas práticas de modelagem teriam após a finalização da atividade de modelagem e verificação de conformidade desta modelagem com a especificação definida no metamodelo da linguagem. O segundo ponto era relativo ao fato de que terceira ontologia era tão restritiva que era impossível incluir os axiomas relativos às propriedades inter-diagramas sem lhe acrescentar ciclos, o que poderia inviabilizar o uso do serviço de consultas às bases de conhecimento estruturadas por ela. Assim, optou-se pela redefinição do método em duas fases, F1 e F2, como foi descrito nos Capítulos 4 e 5. As seções seguintes descrevem os resultados obtidos ao executar-se o Observed-MAS para o domínio de Mercados Virtuais.

6.2.1.

Resultados obtidos na fase F1

Estabelecida a reestruturação do método, dividindo-o em duas fases, repetiu-se o estudo e observou-se que a introdução deliberada de violações às propriedades intra-diagramas não mais gerava bases inconsistentes, pois as

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA



PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

A Figura 97 mostra parte do código da base de conhecimento, relativo ao relacionamento *specialization*, no diagrama de organizações.

```
(instance org1-diagram organization-model)
(instance general-store main-organization-class)
(instance item object-class)
(instance book object-class)
(instance spec-1 specialization)
(related spec-1 book has-end1)
(related spec-1 item has-end2)
(related org1-diagram general-store has-class)
(related org1-diagram item has-class)
(related org1-diagram book has-class)
(related org1-diagram spec-1 has-relationship)
```

Figura 97. Código da base de conhecimento com introdução de erro.

A execução da consulta que verifica a existência de relacionamentos *specialization* num diagrama de organizações, e a respectiva resposta retornada são apresentadas na Figura 98.

```
(RETRIEVE (?SPEC ?ORGMD) (AND (?SPEC SPECIALIZATION)
(?ORGMD ORGANIZATION-MODEL) (?ORGMD ?SPEC HAS-RELATIONSHIP))) -->
(((?SPEC SPEC-1) (?ORGMD ORG1-DIAGRAM)))
```

Figura 98. Consulta sobre existência de relacionamento *specialization* em diagramas de organizações.

A fim de testar as propriedades intra-diagramas definidas, foi introduzida, para cada consulta de QV1, pelo menos uma violação na base de conhecimento. Tanto a base de conhecimento quanto as consultas QV1 e respectivas respostas são encontradas no Apêndice F.

Relativamente às consultas QD1, de sugestões de boas práticas de modelagem, um exemplo de utilização é a consulta sobre papéis de agentes que possuem o mesmo protocolo e não estão relacionados num diagrama de papel (Figura 77, Capítulo 5). Se dois papéis de agente possuem o mesmo protocolo, isto significa que agentes que desempenham estes papéis podem interagir e, portanto, pode existir um relacionamento entre estes papéis, a ser modelado num diagrama de papel (Propriedade BP 1, Capítulo 5). A Figura 99 ilustra parte do código da base de conhecimento onde se observa que os papéis *buyer* e *seller* possuem o mesmo protocolo *negotiate-prtcl*.

```
(instance seller agent-role-class)
(instance buyer agent-role-class)
(instance negotiate-prtcl protocol)
(related seller negotiate-prtcl has-protocol)
(related buyer negotiate-prtcl has-protocol)
```

Figura 99. Código da base de conhecimento indicando papéis de agente que possuem protocolo comum.

A execução da consulta retorna as triplas formadas pelo par de papéis de agentes que não estão relacionados e o protocolo que eles possuem em comum,

como ilustrado na Figura 100. Observe que o sistema retorna o mesmo par de papéis duas vezes, porém representados por triplas distintas.

```
(RETRIEVE (?ROLE-1 ?ROLE-2 ?PRTCL ?RLMD) (AND (?ROLE-1 AGENT-ROLE-CLASS) (?ROLE-2 AGENT-ROLE-CLASS) (?PRTCL PROTOCOL) (?RLMD ROLE-MODEL) (?RLMD ?ROLE-1 HAS-CLASS) (?RLMD ?ROLE-2 HAS-CLASS) (?ROLE-1 ?PRTCL HAS-PROTOCOL) (?ROLE-2 ?PRTCL HAS-PROTOCOL) (?REL (OR CONTROL ASSOCIATION DEPENDENCY AGGREGATION)) (NOT (AND (?REL ?ROLE-1 HAS-END) (?REL ?ROLE-2 HAS-END))))) --> (((?ROLE-1 SELLER) (?ROLE-2 BUYER) (?PRTCL NEGOTIATE-PRTEL) (?RLMD ROLE-DIAGRAM)) ((?ROLE-1 BUYER) (?ROLE-2 SELLER) (?PRTCL NEGOTIATE-PRTEL) (?RLMD ROLE-DIAGRAM)))
```

Figura 100. Consulta e resposta sobre papéis de agente com protocolos comuns.

Após a correção das violações introduzidas na base de conhecimento, os diagramas que compunham a modelagem estão prontos para a fase F2 do Observed-MAS.

6.2.2.

Resultados obtidos na fase F2

Para executar a fase F2 do método, a estruturação da base de conhecimento passou a ser feita pela ontologia Ont2, agora mais restritiva por possuir axiomas que descrevem as propriedades internas das entidades e dos diagramas MAS-ML. Considerou-se, então, o conjunto de diagramas corrigidos a fim de analisar se a modelagem estava consistente com as propriedades inter-diagramas especificadas pelo metamodelo MAS-ML, e cujas violações são descritas nas consultas QV2. A modelagem era composta por um diagrama de organização, um diagrama de classe, um diagrama de papéis e um diagrama de sequência.

Novamente optou-se pela introdução de violações às propriedades, pois os diagramas estavam bem estruturados e, inicialmente, não violavam propriedades inter-diagramas. Assim, retirou-se do diagrama de organizações (Figura 96), já corrigido de acordo com as propriedades intra-diagramas, a classe de papel de agente *Market of Special Goods*, e considerou-se o diagrama de papel ilustrado na Figura 101. Assim, a propriedade inter-diagrama que diz que todo papel definido num diagrama de papéis deve estar modelado num diagrama de organizações (Capítulo 5, Propriedade LM. 13) foi violada, pois o papel de agente *Market of Special Goods* está no diagrama de papel e não está no único diagrama de organização que compõe a modelagem.

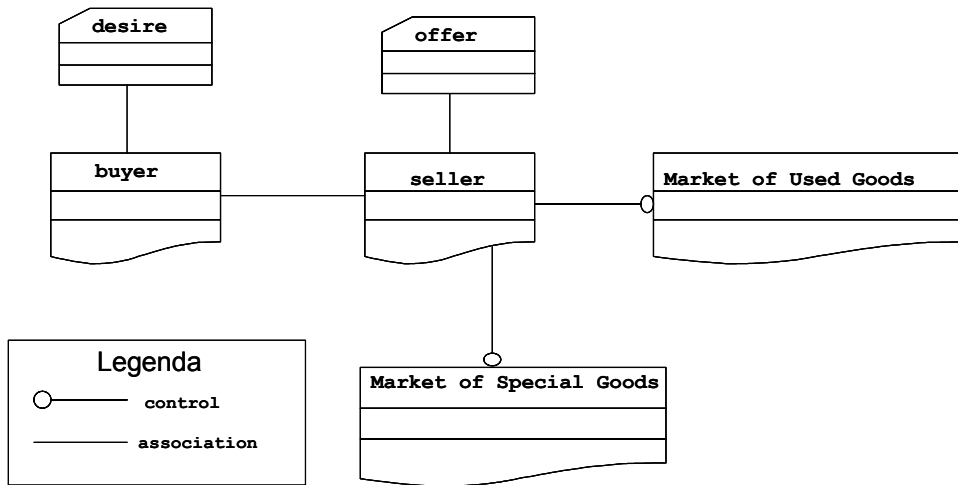


Figura 101. Diagrama de papel contendo classe que não está em nenhum diagrama de organizações.

A execução da consulta que verifica a existência de classes de papéis de agente que estão num diagrama de papéis e em nenhum diagrama de organizações, e a respectiva resposta retornada, são apresentadas na Figura 102.

```
(RETRIEVE (?AGRL ?RLMD) (AND (?AGRL AGENT-ROLE-CLASS)
(?RLMD ROLE-MODEL) (?RLMD ?AGRL HAS-CLASS) (NOT (?AGRL (SOME IS-
IN-STATIC-MODEL ORGANIZATION-MODEL)))) --> ((?AGRL MARKET-OF-
SPECIAL-GOODS) (?RLMD ROLE-MODEL))
```

Figura 102. Consulta e resposta sobre violação a propriedades inter-diagramas de organizações e papéis.

Um exemplo de violação às propriedades inter-diagramas estáticos e dinâmicos introduzida na base de conhecimento refere-se a um caso particular da Propriedade LM. 15 (*classless* – Capítulo 5), que descreve a interdependência entre diagramas de seqüência que modelam protocolos e diagramas de papéis. Para ilustrar o caso particular da Propriedade LM. 15, considere o diagrama de seqüência que descreve um protocolo, ilustrado na Figura 103. Os papéis de agente *Buyer* e *Seller* participam do diagrama de seqüência, e, de acordo com o metamodelo de MAS-ML, devem estar modelados e relacionados em algum diagrama de papel. A fim de verificar uma violação a esta propriedade é necessário analisar as respostas das consultas ilustradas na Figura 104. Na primeira consulta são retornados como resposta classes de papel de agente que satisfazem a propriedade inter-diagramas, e na segunda consulta são retornados classes de papel de agentes que possuem protocolos comuns e estão modeladas num diagrama de seqüência.

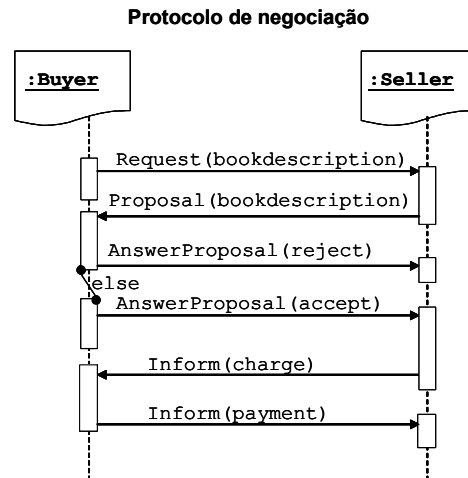


Figura 103. Diagrama de seqüência que modela um protocolo de negociação.

A comparação das respostas permite decidir quais pares de classes de papel de agentes violam a propriedade.

```

(RETRIEVE (?ROLE1 ?ROLE2 ?PRTCL ?SEQ-MD ?REL ?RLMD)
  (AND (?ROLE1 AGENT-ROLE-CLASS)
    (?ROLE2 AGENT-ROLE-CLASS)
    (?RLMD ROLE-MODEL)
    (?RLMD ?ROLE1 HAS-CLASS)
    (?RLMD ?ROLE2 HAS-CLASS)
    (?PRTCL PROTOCOL) (?ROLE1 ?PRTCL HAS-PROTOCOL)
    (?ROLE2 ?PRTCL HAS-PROTOCOL)
    (?ROLE-PATH-1 AGENT-ROLE-CLASS-PATH)
    (?ROLE-PATH-2 AGENT-ROLE-CLASS-PATH)
    (?ROLE-PATH-1 ?ROLE1 HAS-HEAD)
    (?ROLE-PATH-2 ?ROLE2 HAS-HEAD)
    (?SEQ-MD ?ROLE-PATH-1 HAS-PATH)
    (?SEQ-MD ?ROLE-PATH-2 HAS-PATH)
    (?REL (OR ASSOCIATION CONTROL DEPENDENCY AGGREGATION))
    (?REL ?ROLE1 HAS-END1)
    (?REL ?ROLE2 HAS-END2)
    (?RLMD ?REL HAS-RELATIONSHIP)))

(RETRIEVE (?ROLE1 ?ROLE2 ?PRTCL ?SEQ-MD ?RLMD)
  (AND (?ROLE1 AGENT-ROLE-CLASS)
    (?ROLE2 AGENT-ROLE-CLASS)
    (?RLMD ROLE-MODEL)
    (?RLMD ?ROLE1 HAS-CLASS)
    (?RLMD ?ROLE2 HAS-CLASS)
    (?PRTCL PROTOCOL) (?ROLE1 ?PRTCL HAS-PROTOCOL)
    (?ROLE2 ?PRTCL HAS-PROTOCOL)
    (?ROLE-PATH-1 AGENT-ROLE-CLASS-PATH)
    (?ROLE-PATH-2 AGENT-ROLE-CLASS-PATH)
    (?ROLE-PATH-1 ?ROLE1 HAS-HEAD)
    (?ROLE-PATH-2 ?ROLE2 HAS-HEAD)
    (?SEQ-MD ?ROLE-PATH-1 HAS-PATH)
    (?SEQ-MD ?ROLE-PATH-2 HAS-PATH)))
  
```

Figura 104. Consulta sobre violação a propriedade inter-diagramas de papéis e de seqüência.

Se todas as triplas formadas por pares de papel e protocolos que fazem parte das tuplas retornadas como respostas da primeira consulta também aparecerem como respostas da segunda consulta, não há violação à propriedade. Na Figura 105 apresenta-se resposta retornada considerando-se o diagrama de papel ilustrado na Figura 101 e o diagrama de seqüência ilustrado na Figura 103. Como existe um relacionamento *association* entre as classes de papel *buyer* e *seller*, que participam do protocolo, não há violação à propriedade.

```
--> (((?ROLE1 BUYER) (?ROLE2 SELLER) (?PRTCL NEGOTIATE-PRCTL)
(?SEQ-MD SEQ-MD-1) (?REL ASSOC-7) (?RLMD ROLE-DIAGRAM)))

--> (((?ROLE1 BUYER) (?ROLE2 SELLER) (?PRTCL NEGOTIATE-PRCTL)
(?SEQ-MD SEQ-MD-1) (?RLMD ROLE-DIAGRAM))
((?ROLE1 SELLER) (?ROLE2 BUYER) (?PRTCL NEGOTIATE-PRCTL)
(?SEQ-MD SEQ-MD-1) (?RLMD ROLE-DIAGRAM)))
```

Figura 105. Respostas cuja combinação indica a inexistência de violação à propriedade inter-diagramas de papéis e de seqüência.

Por outro lado, considerando-se o mesmo diagrama de papel sem o relacionamento *association* entre as classes *buyer* e *seller* tem-se, claramente, uma violação à propriedade. A Figura 106 apresenta as respostas retornadas para as consultas definidas na Figura 104. Neste caso, não há pares de classes de papéis de agentes satisfazendo a propriedade (resposta *NIL* à primeira consulta) e as classes de papéis de agente *buyer* e *seller* estão modeladas em um diagrama de seqüência e possuem o protocolo *negotiate-prctl* em comum (resposta à segunda consulta). A comparação das respostas permite deduzir que as as classes de papel de agente modeladas em ambos os diagramas violam a propriedade. As respostas apresentadas na Figura 105 e na Figura 106 foram editadas para permitir melhor visualização das quintuplas.

```
--> NIL

--> (((?ROLE1 SELLER) (?ROLE2 BUYER) (?PRTCL NEGOTIATE-PRCTL)
(?SEQ-MD SEQ-MD-1) (?RLMD ROLE-DIAGRAM))
((?ROLE1 BUYER) (?ROLE2 SELLER) (?PRTCL NEGOTIATE-PRCTL)
(?SEQ-MD SEQ-MD-1) (?RLMD ROLE-DIAGRAM)))
```

Figura 106. Resposta indicando violação a propriedade inter-diagramas de papéis e de seqüência.

Para cada consulta de QV2 foi introduzida pelo menos uma violação na base de conhecimento. O código da base de conhecimento e as respostas às consultas encontram-se no Apêndice F.

Tendo em vista que a modelagem era composta por poucos diagramas, para executar a consulta de QD2 foi necessário introduzir nova alteração na base de conhecimento. A alteração introduzida foi a retirada do papel de agente

Market of Special Goods do diagrama de papel, ilustrado na Figura 101. Um papel de agente não modelado num diagrama de papel é tal que o agente ou sub-organização que o desempenha não interage com outros agentes ou sub-organizações, pois a interação ocorre através dos papéis (Propriedade BP 3, Capítulo 5). A consulta e resposta ilustrada na Figura 107, apresenta uma classe de papel de agente que está modelada num diagrama de organizações e não está modelada num diagrama de papel. Esta informação permite ao desenvolvedor decidir se quer mantê-la desta forma ou se quer permitir que agentes ou sub-organizações que desempenhem o papel que ela define possam interagir com outros agentes ou sub-organizações.

```
(RETRIEVE (?AGRL ?ORGMD) (AND (?AGRL AGENT-ROLE-CLASS)
(?ORGMD ORGANIZATION-MODEL) (?ORGMD ?AGRL HAS-CLASS) (NOT (?AGRL
(SOME IS-IN-STATIC-MODEL ROLE-MODEL)))) --> (((?AGRL ?MARKET-OF-
SPECIAL-GOODS) (?ORGMD ORG1-DIAGRAM)))
```

Figura 107. Consulta e resposta sobre sugestão de boas práticas de modelagem usando MAS-ML.

6.3.

Estudo de caso 2: Gerenciamento de congressos de pesquisa

O segundo estudo de caso conduzido considerou o domínio de gerenciamento de congressos de pesquisa (Deloach, 2002), onde autores podem submeter artigos que são enviados aos revisores, pelo *chair* do congresso, para avaliação. O gerenciamento do congresso acontece no contexto de uma instituição organizadora. O *Expert Committee* é uma aplicação desenvolvida usando a abordagem multiagente para este domínio.

A proposta deste estudo de caso foi avaliar o suporte que o Observed-MAS oferece ao desenvolvedor desde o início da atividade de modelagem de um SMA e definir a especificação da ferramenta de automatização do Observed-MAS para MAS-ML. Assim, utilizou-se uma modelagem construída como trabalho final da disciplina “Introdução à Engenharia de Software de Sistemas Multiagentes”, INF 2922, oferecida no primeiro semestre de 2005 pelo Departamento de Informática da PUC-Rio. Para a especificação do sistema foi utilizada a metodologia Gaia (Wooldridge et al, 2001), associada à linguagem MAS-ML na construção do modelo de projeto do *Expert Committee*.

6.3.1.

Resultados obtidos na fase F1

O estudo de caso teve início com o mapeamento dos diagramas para a base de conhecimento. Inicialmente foi descrito cada diagrama que compõe a modelagem, comentando-se as eventuais violações encontradas nos mesmos e as sugestões de modelagem obtidas através das consultas. O primeiro diagrama considerado foi o diagrama de classe, representado na Figura 108.

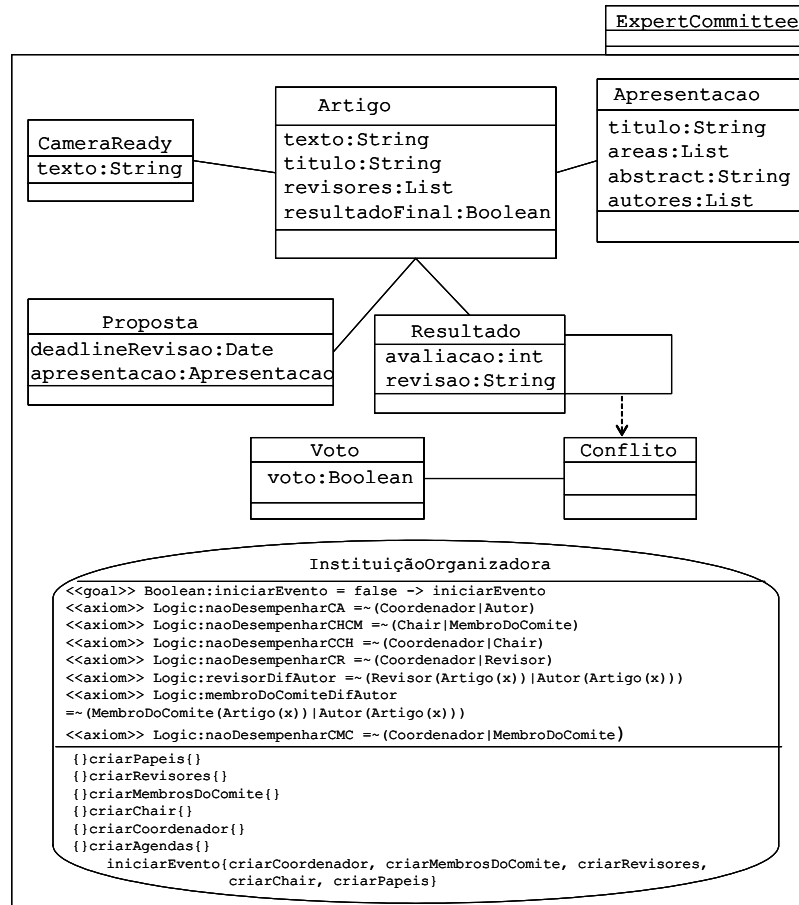


Figura 108. Diagrama de classe do *Expert Committee*.

O mapeamento deste diagrama para a base de conhecimento foi feito tendo como base a ontologia Ont1. Foram instanciados os conceitos *object-class*, *passive-environment-class* e *main-organization-class*, representando as entidades que compõem o diagrama e os conceitos *association*, *dependency* e *inhabit* representando os relacionamentos entre estas entidades.

A primeira observação relativa a este diagrama é a existência de uma classe de organização que não está relacionada a nenhuma classe de objeto,

porém está relacionada à classe de ambiente através do relacionamento *inhabit* (isto é indicado pela inserção da organização Instituição Organizadora no retângulo que representa o ambiente *ExpertCommittee*). Este relacionamento só é permitido para objetos em diagramas de classe, o que indica violação a uma propriedade interna do diagrama de classe MAS-ML. Parte do código da base de conhecimento que contém a violação indicada é ilustrada na Figura 109.

```
(instance expert-committee passive-environment-class)
(instance organizing-institution main-organization-class)
...
(instance inhabit-8 inhabit)
(related inhabit-8 organizing-institution has-end1)
(related inhabit-8 expert-committee has-end2)
...
(instance ec-class-model class-model)
(related ec-class-model expert-committee has-class)
(related ec-class-model organizing-institution has-class)
...
(related ec-class-model inhabit-8 has-relationship)
```

Figura 109. Código da base de conhecimento referente à violação de propriedade no diagrama de classe.

A execução das consultas QV1 para a base de conhecimento que representa este diagrama teve apenas uma sua resposta positiva para violações às propriedades, que é apresentada na Figura 110, indicando o relacionamento não permitido no diagrama.

```
(RETRIEVE (?INH ?CLMD)
  (AND (?INH INHABIT) (?CLMD CLASS-MODEL)
    (?CLMD ?INH HAS-RELATIONSHIP)
    (?END1 ?INH IS-END1) (?END2 ?INH IS-END2)
    (OR (?END1 (OR AGENT-CLASS ORGANIZATION-CLASS
      ROLE-CLASS ENVIRONMENT-CLASS))
      (?END2 (OR CITIZEN-CLASS ROLE-CLASS))))
  --> ((?INH INHABIT-8) (?CLMD EC-CLASS-MODEL)))
```

Figura 110. Relacionamento não permitido num diagrama de classe.

Feita a correção indicada na resposta da consulta, o diagrama não apresentou mais violações. Passou-se para o mapeamento do diagrama de organização relativo à instituição organizadora, descrito na Figura 111, para posterior análise. Neste diagrama são ilustradas uma classe de organização principal, com suas propriedades internas, as classes de papéis de agente que ela possui e a classe de agente que desempenha estes papéis.

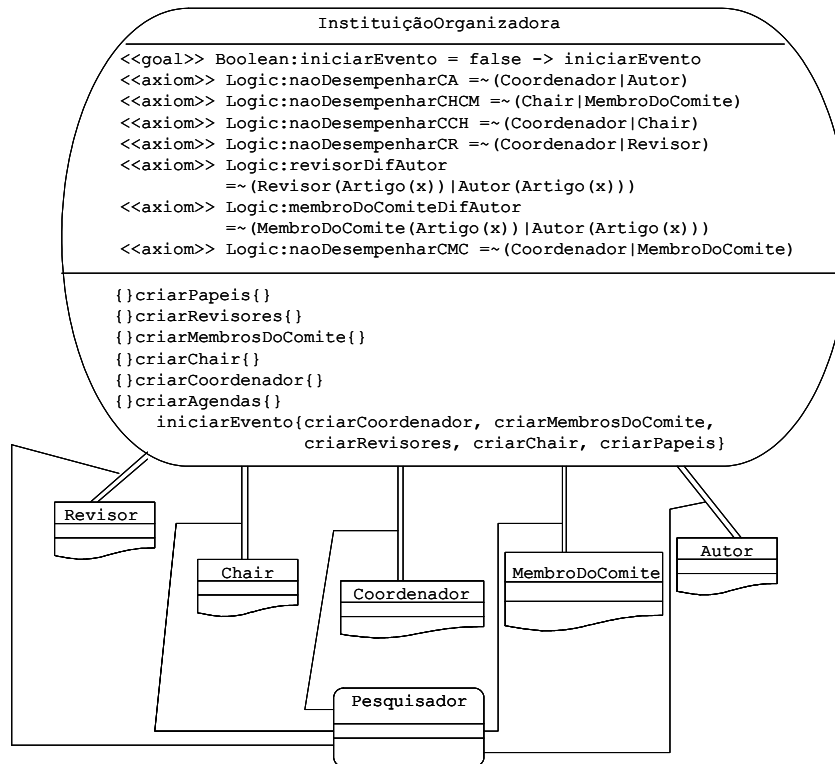


Figura 111. Diagrama de organização representando a Instituição Organizadora.

Foram instanciados os conceitos `main-organization-class`, `agent-class` e `agent-role-class`, representando as entidades que compõem o diagrama e os conceitos `ownership` e `play`, representando os relacionamentos entre estas entidades. Além destes conceitos, também foram instanciados os conceitos `goal`, `axiom`, `action` e `plan`, representando algumas propriedades internas da organização. A Figura 112 ilustra parte da base de conhecimento que descreve o diagrama.

```

(instance the-organizing-model organization-model)

(instance organizing-institution main-organization-class)
  (instance start-event goal)
  (related organizing-institution start-event has-goal)
  (instance reviewer-not-author axiom)
  (related organizing-institution reviewer-not-author has-axiom)
  ...
  (instance to-create-reviewer action)
  (related organizing-institution to-create-reviewer has-action)
  ...
  (instance start-event-plan plan)
  (related organizing-institution start-event-plan has-plan)
  ...
(instance researcher-agent agent-class)
  
```

```

(instance reviewer agent-role-class)
...
(related the-organizing-model reviewer has-class)
(related the-organizing-model researcher-agent has-class)
(related the-organizing-model organizing-institution has-
class)
...
(instance own-1 ownership)
(related own-1 organizing-institution has-end1)
(related own-1 reviewer has-end2)
(related the-organizing-model own-1 has-relationship)
...
(instance play-1 play)
(related play-1 researcher-agent has-end1)
(related play-1 reviewer has-end2)
(related the-organizing-model play-1 has-relationship)

```

Figura 112. Código da base de conhecimento com descrição do diagrama de organização.

A execução das consultas QV1 para este diagrama evidenciou violação à propriedade interna que prevê a obrigatoriedade de especificar um relacionamento *inhabit* em diagramas de organizações que modelam organizações principais (Capítulo 5, Propriedade LM. 4). No diagrama apresentado na Figura 111, tal relacionamento não foi especificado. A violação a esta propriedade é encontrada pela consulta apresentada na Figura 113, que retorna como resposta o nome do diagrama onde a violação ocorre e da classe de organização que deveria estar relacionada a um ambiente. Os textos da consulta e da resposta foram editados para permitir melhor visualização.

```

(RETRIEVE (?ORGMD-WITHOUT-ENV ?MAIN-ORG) (AND
  (?ORGMD-WITHOUT-ENV ORGANIZATION-MODEL)
  (?MAIN-ORG MAIN-ORGANIZATION-CLASS)
  (?ORGMD-WITHOUT-ENV ?MAIN-ORG HAS-CLASS)
  (OR (NOT (?MAIN-ORG (SOME IS-END1 INHABIT)))
    (NOT (?ORGMD-WITHOUT-ENV (SOME HAS-RELATIONSHIP INHABIT)))))
--> (((?ORGMD-WITHOUT-ENV THE-ORGANIZING-MODEL) (?MAIN-ORG
ORGANIZING-INSTITUTION)))

```

Figura 113. Resultado de consulta sobre relacionamento *inhabit* no diagrama de organização.

Além desta violação, também foram encontradas violações relacionadas às propriedades internas dos agentes e dos papéis de agentes, pois a classe de agente definida no diagrama não possui especificação de suas metas, planos e ações, assim como as classes de papéis de agente não possuem especificação de suas metas e protocolos. Além disso, a classe de agente não está relacionada a nenhuma classe de ambiente.

```

(RETRIEVE (?AGENTWITHOUTGOAL) (AND
  (?AGENTWITHOUTGOAL AGENT-CLASS) (?AGENTWITHOUTGOAL NIL HAS-GOAL)))
--> (((?AGENTWITHOUTGOAL RESEARCHER-AGENT)))

```

```

(RETRIEVE (?AGENTWITHOUTPLAN) (AND
(?AGENTWITHOUTPLAN AGENT-CLASS) (?AGENTWITHOUTPLAN NIL HAS-PLAN)))
--> (((?AGENTWITHOUTPLAN RESEARCHER-AGENT)))

(RETRIEVE (?AGENTWITHOUTACT) (AND
(?AGENTWITHOUTACT AGENT-CLASS) (?AGENTWITHOUTACT NIL HAS-GOAL)))
--> (((?AGENTWITHOUTACT RESEARCHER-AGENT)))

(RETRIEVE (?NO-CITIZEN) (AND (?NO-CITIZEN CITIZEN-CLASS) (NOT
(?NO-CITIZEN (SOME IS-END1 (AND INHABIT (SOME HAS-END2
ENVIRONMENT-CLASS)))))) --> (((?NO-CITIZEN RESEARCHER-AGENT)))

(RETRIEVE (?ROLEWITHOUTGOAL) (AND (?ROLEWITHOUTGOAL AGENT-ROLE-
CLASS) (?ROLEWITHOUTGOAL NIL HAS-GOAL)))
--> (((?ROLEWITHOUTGOAL AUTHOR)) ((?ROLEWITHOUTGOAL PC-MEMBER))
((?ROLEWITHOUTGOAL MANAGER)) ((?ROLEWITHOUTGOAL CHAIR))
((?ROLEWITHOUTGOAL REVIEWER)))

(RETRIEVE (?ROLEWITHOUTPRTCL) (AND (?ROLEWITHOUTPRTCL AGENT-ROLE-
CLASS) (?ROLEWITHOUTPRTCL NIL HAS-PROTOCOL)))
--> (((?ROLEWITHOUTPRTCL AUTHOR)) ((?ROLEWITHOUTPRTCL PC-MEMBER))
((?ROLEWITHOUTPRTCL MANAGER)) ((?ROLEWITHOUTPRTCL CHAIR))
((?ROLEWITHOUTPRTCL REVIEWER)))

```

Figura 114. Consultas e respostas a violações referentes à propriedades internas dos agentes e dos papéis de agentes.

A partir das informações dadas pelas respostas retornadas ilustradas na Figura 114, as propriedades internas do agente e dos papéis de agente foram mapeadas para a base de conhecimento. A Figura 115 ilustra parte do mapeamento da especificação da classe de agente Pesquisador (researcher-agent na base de conhecimento), e das classes de papéis de agente Chair e Autor (chair e author, respectivamente, na base de conhecimento).

```

;;;;;;;;;;;;; especificação de agent-class
(related researcher-agent submit-paper has-goal)
(related researcher-agent distribute-paper has-goal)
(related researcher-agent receive-final-results has-goal)
(related researcher-agent review-paper has-goal)
(related researcher-agent receive-paper has-goal)
...
(related researcher-agent to-make-presentation has-action)
(related researcher-agent to-select-new-reviewer has-action)
(related researcher-agent to-register-vote has-action)
(related researcher-agent to-search-for-conflict has-action)
...
(related researcher-agent send-camera-ready-plan has-plan)
(related researcher-agent submit-paper-plan has-plan)
(related researcher-agent assign-paper-plan has-plan)
(related researcher-agent receive-paper-plan has-plan)
...
(instance inhabit-9 inhabit)
(related researcher inhabit-9 is-end1)
(related expert-committee inhabit-9 is-end2)

```

```

;;;;;;;;;;;;; especificação de agent-role-class
(related chair receive-paper has-goal)
(related chair distribute-paper has-goal)
(related chair engage-reviewer has-goal)
...
(related chair submit-paper-and-presentation-prtcl has-
protocol)
(related chair send-pack-to-reviewer-prtcl has-protocol)
(related chair send-final-result-and-review-prtcl has-
protocol)
...
(related author submit-paper has-goal)
(related author receive-final-results has-goal)
(related author send-camera-ready has-goal)
...
(related author submit-paper-and-presentation-prtcl has-
protocol)
(related author send-final-result-and-review-prtcl has-
protocol)

```

Figura 115. Parte da especificação da classe de agente `researcher-agent`, e dos papéis de agente `chair` e `author`.

Feito o mapeamento das especificações das propriedades internas dos agentes e dos papéis de agentes, utilizou-se consultas QD1 (consultas que auxiliam o desenvolvedor) para analisar como as mesmas podiam ajudar na elaboração do diagrama de papel, assim como dos diagramas de seqüência que modelam os protocolos. A fim de definir relacionamentos entre papéis de agentes no diagrama de papel, buscou-se, na base de conhecimento, papéis que possuíam protocolos comuns. A Figura 116 ilustra a consulta e respectiva resposta.

```

(RETRIEVE (?ROLE-1 ?ROLE-2 ?PRTCL) (AND (?PRTCL PROTOCOL)
(?ROLE-1 AGENT-ROLE-CLASS) (?ROLE-2 AGENT-ROLE-CLASS)
(?ROLE-1 ?PRTCL HAS-PROTOCOL) (?ROLE-2 ?PRTCL HAS-PROTOCOL)))
--> ((?ROLE-1 MANAGER) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL ENGAGE-MORE-REVIEWER-PRTCL))
((?ROLE-1 PC-MEMBER) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL SOLVE-CONFLICT-WITH-PC-PRTCL))
((?ROLE-1 AUTHOR) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL SUBMIT-PAPER-AND-PRESENTATION-PRTCL))
((?ROLE-1 AUTHOR) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL SEND-FINAL-RESULT-AND-REVIEW-PRTCL))
((?ROLE-1 AUTHOR) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL SEND-CAMERA-READY-PRTCL))
((?ROLE-1 REVIEWER) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL SEND-REVIEW-PROPOSAL-PRTCL))
((?ROLE-1 REVIEWER) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL INFORM-REVIEW-ACCEPTANCE-PRTCL))
((?ROLE-1 REVIEWER) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL SEND-PACK-TO-REVIEWER-PRTCL))
((?ROLE-1 REVIEWER) (?ROLE-2 CHAIR)
(?PRTCL SEND-RESULT-PRTCL))
((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 AUTHOR)
(?PRTCL SUBMIT-PAPER-AND-PRESENTATION-PRTCL))
((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 REVIEWER)

```

```

    (?PRTCL SEND-REVIEW-PROPOSAL-PRTCL))
  ((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 REVIEWER)
    (?PRTCL INFORM-REVIEW-ACCEPTANCE-PRTCL))
  ((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 REVIEWER)
    (?PRTCL SEND-PACK-TO-REVIEWER-PRTCL))
  ((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 REVIEWER)
    (?PRTCL SEND-RESULT-PRTCL))
  ((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 PC-MEMBER)
    (?PRTCL SOLVE-CONFLICT-WITH-PC-PRTCL))
  ((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 AUTHOR)
    (?PRTCL SEND-FINAL-RESULT-AND-REVIEW-PRTCL))
  ((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 AUTHOR)
    (?PRTCL SEND-CAMERA-READY-PRTCL))
  ((?ROLE-1 CHAIR) (?ROLE-2 MANAGER)
    (?PRTCL ENGAGE-MORE-REVIEWER-PRTCL)))

```

Figura 116. Consulta e respostas sobre classes de papel de agentes com protocolos comuns.

Após a execução da consulta, observou-se que o papel de agente *chair* deveria se relacionar a todos os outros papéis de agente, porém os demais papéis não se relacionavam entre si. O diagrama de papel modelado é ilustrado na Figura 117 e reflete a resposta da consulta. Este diagrama também foi mapeado para a base de conhecimento, e não apresentou violações quanto às suas propriedades internas.

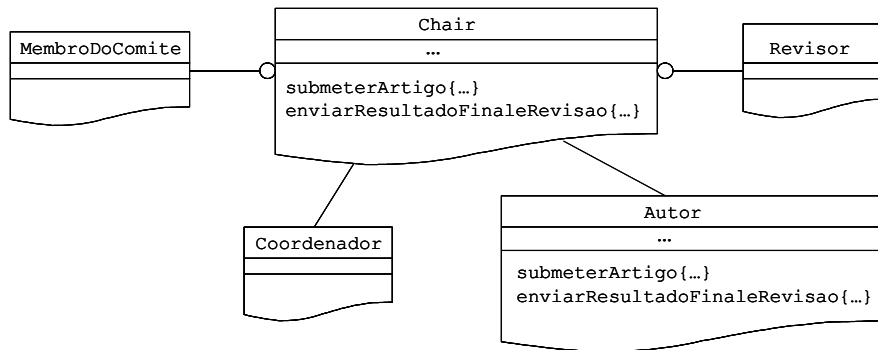


Figura 117. Diagrama de papel do *Expert Committee*.

Também foram mapeados e analisados os diagramas de seqüência que modelam os protocolos e os planos previstos nos papéis de agente e nos agentes, respectivamente. A Figura 118 ilustra dois protocolos definidos entre os papéis *Chair* e *Autor*. A análise dos diagramas de seqüência não encontrou violações às propriedades internas dos diagramas.

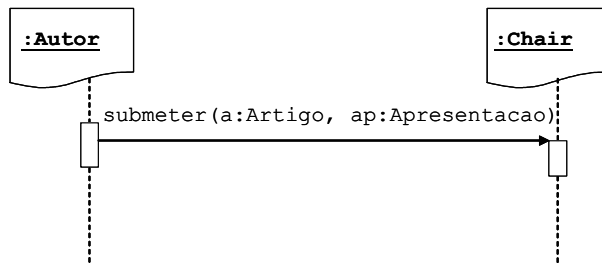
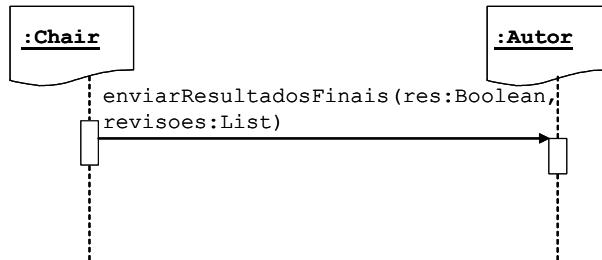
Protocolo: Submeter Artigos e Apresentações**Protocolo: Enviar Resultados Finais e Revisões**

Figura 118. Diagramas de seqüência modelando protocolos.

Para efeitos de teste, introduziram-se algumas violações às propriedades internas dos diagramas. Um exemplo, foi a violação à propriedade que diz que num diagrama de seqüência que modela protocolos, as entidades participantes precisam conhecer o mesmo protocolo. Retirou-se o protocolo `submit-paper-and-presentation-prtcl` do papel de agente `author` e executou-se a consulta, ilustrada, com a respectiva resposta, na Figura 119.

```

(RETRIEVE (?SEQMD ?ROLE-WITHOUT-PRTCL ?PRTCL)
  (AND (?SEQMD SEQUENCE-MODEL)
    (?ROLE-WITHOUT-PRTCL AGENT-ROLE-CLASS)
    (?PRTCL PROTOCOL)
    (?ROLE-PATH AGENT-ROLE-CLASS-PATH)
    (?SEQMD ?ROLE-PATH HAS-PATH)
    (?ROLE-PATH ?ROLE-WITHOUT-PRTCL HAS-HEAD)
    (?STRUCT SEQUENCE)
    (?SEQMD ?STRUCT HAS-STRUCTURE)
    (?PRTCL ?STRUCT HAS-STRUCTURE)
    (NOT (?ROLE-WITHOUT-PRTCL ?PRTCL HAS-PROTOCOL)))) -->
(((?SEQMD SEQ-1) (?ROLE-WITHOUT-PRTCL AUTHOR) (?PRTCL SUBMIT-
PAPER-AND-PRESENTATION-PRTCL)))

```

Figura 119. Violação a propriedade intra-diagrama de seqüência que modela protocolos.

6.3.2.

Resultados obtidos na fase F2

A fase F2 do Observed-MAS, aplicada ao *Expert Committee*, teve início com a execução das consultas QV2. Foi durante a execução destas consultas

que foram verificadas algumas limitações computacionais do aparato dedutivo usado, o que não havia acontecido no estudo de caso anterior, pois a base de conhecimento era pequena.

Inicialmente foram executadas as consultas e não foram encontradas violações. Para efeitos de teste, introduziu-se algumas violações na base de conhecimento, descritas na Figura 120.

```

////////////////////////////////////
;;INTRODUZINDO VIOLAÇÕES INTER-MODELOS
////////////////////////////////////
;;;;;; Q1 agent-class em class-model e não em org-model
(instance user-agent agent-class)
(related ec-class-model user-agent has-class)

;;;;;; Q2 org-class em class-model e não em org-model
(instance reviewers-board sub-organization-class)
(related ec-class-model reviewers-board has-class)

;;;;;; Q3 role-class em role-model e não em org-model
(instance co-chair agent-role-class)
(instance the-role-model role-model)
(related the-role-model co-chair has-class)

;;;;;; Q4 object em org-model e não em class-model
;;;;;; Q5 object em role-model e não em class-model
(instance eval-form object-class)
(related the-organizing-model eval-form has-class)
(related the-role-model eval-form has-class)

;;;;;; Q6 classless (ipath sem uma classe original)
(instance paper01-path object-instance-path)
(instance paper01 object)
(related paper01-path paper-01 has-head)
(related seq-1 paper01-path has-path)

;;;;;; Q7 caso especial de classless na criação de agente
(instance LES-PUC-Rio main-organization)
(related LES-PUC-Rio organizing-institution is-instanceOf)
(instance LES-PUC-Rio-path main-organization-instance-path)
(related LES-PUC-Rio LES-PUC-Rio-path has-path)
(related LES-PUC-Rio-path LES-PUC-Rio has-head)

(instance lucena agent)
(related lucena researcher-agent is-instanceOf)
(instance lucena-path agent-instance-path)
(related lucena lucena-path has-path)
(related lucena-path lucena has-head)
(instance selmas-chair agent-role)
;(related selmas-chair chair is-instanceOf)
(instance selmas-chair-path agent-role-instance-path)
(related selmas-chair selmas-chair-path has-path)
(related selmas-chair-path selmas-chair has-head)
(related lucena-path selmas-chair-path has-tail)

(instance create-agent-1 create-msg)
(related LES-PUC-Rio-path create-agent-1 is-msg-sender)
(related lucena-path create-agent-1 is-msg-receiver)

```

```
(instance seq-create-agent-1 sequence-model)
(related seq-create-agent-1 LES-PUC-Rio-path has-path)
(related seq-create-agent-1 lucena-path has-path)
(related seq-create-agent-1 create-agent-1 has-msg)
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

Figura 120. Fragmento da base de conhecimento sobre violações inter-diagramas.

As execução das consultas que analisam violações às propriedades entre diagramas estáticos (exemplo na Figura 121) resultavam, invariavelmente, na mensagem de erro: Error: an error of type CONDITIONS:STACK-OVERFLOW occurred. A solução encontrada foi combinar duas consultas mais simples, cujas respostas são manipuladas pela ferramenta de suporte ao uso do Observed-MAS para MAS-ML.

```
(retrieve (?object ?rlmd)
  (and (?object object-class)
    (?rlmd role-model)
    (?rlmd ?object has-class)
    (not (?object (some is-in-static-model
      class-model))))))
```

Figura 121. Exemplo de consulta que estoura a pilha para bases de grande porte.

Na consulta da Figura 121, a resposta desejada era composta pelas classes de objetos que estão em um diagrama de papéis e não estão em nenhum diagrama de classe. As duas consultas, e respectivas respostas, combinadas para se chegar à mesma solução esperada para a consulta da Figura 121, são apresentadas na Figura 122.

```
(RETRIEVE (?CLMD) (?CLMD CLASS-MODEL))
--> (((?CLMD EC-CLASS-MODEL)))

(RETRIEVE (?OBJ-CLASS ?ORG-DIAGRAM ?CLMD)
  (AND (?OBJ-CLASS OBJECT-CLASS) (?ORG-DIAGRAM ORGANIZATION-MODEL)
    (?ORG-DIAGRAM ?OBJ-CLASS HAS-CLASS) (?CLMD CLASS-MODEL)
    (NOT (?CLMD ?OBJ-CLASS HAS-CLASS))))
--> (((?OBJ-CLASS EVAL-FORM) (?ROLE-DIAGRAM THE-ROLE-MODEL) (?CLMD
  EC-CLASS-MODEL)))
```

Figura 122. Combinações de consultas e respectivas respostas.

A primeira resposta é composta, neste exemplo, por todos os diagramas de classe que compõem a modelagem. A segunda resposta é composta por uma tripla formada pela classe de objeto; pelo diagrama de papel onde a classe do objeto está modelada; e pelo diagrama de classe em que a classe não está modelada. O algoritmo usado na comparação é relativamente simples. Ele compara quantos são os diagramas da primeira resposta com quantas triplas possuem mesma classe de objeto e mesmo diagrama de papéis, com diferentes diagramas de classe. Se a quantidade for igual, então a classe de objeto não está em nenhum diagrama de classe, e a propriedade foi violada. Se for menor,

a classe de objeto está modelada em algum diagrama de classe e a propriedade não foi violada.

Apesar da base de conhecimento deste estudo de caso ser bem maior que a do estudo de caso relativo ao domínio de mercados virtuais, também neste estudo só foi definido um diagrama estático de cada tipo. As respostas obtidas para as outras consultas sobre violação às propriedades inter-diagramas são apresentadas na Figura 123.

```
(RETRIEVE (?CLMD) (?CLMD CLASS-MODEL))
--> (((?CLMD EC-CLASS-MODEL)))

(RETRIEVE (?OBJ-CLASS ?ORG-DIAGRAM ?CLMD)
  (AND (?OBJ-CLASS OBJECT-CLASS) (?ORG-DIAGRAM ORGANIZATION-MODEL)
    (?ORG-DIAGRAM ?OBJ-CLASS HAS-CLASS) (?CLMD CLASS-MODEL)
    (NOT (?CLMD ?OBJ-CLASS HAS-CLASS))))
--> (((?OBJ-CLASS EVAL-FORM) (?ORG-DIAGRAM THE-ORGANIZING-MODEL)
  (?CLMD EC-CLASS-MODEL)))

(RETRIEVE (?ORGMD) (?ORGMD ORGANIZATION-MODEL))
--> (((?ORGMD THE-ORGANIZING-MODEL)))

(RETRIEVE (?AG-CLASS ?CLASS-DIAGRAM ?ORGMD) (AND
  (?AG-CLASS AGENT-CLASS) (?CLASS-DIAGRAM CLASS-MODEL)
  (?ORGMD ORGANIZATION-MODEL) (?CLASS-DIAGRAM ?AG-CLASS HAS-CLASS)
  (NOT (?ORGMD ?AG-CLASS HAS-CLASS))))
--> (((?AG-CLASS USER-AGENT) (?CLASS-DIAGRAM EC-CLASS-MODEL)
  (?ORGMD THE-ORGANIZING-MODEL)))

(RETRIEVE (?ORGMD) (?ORGMD ORGANIZATION-MODEL))
--> (((?ORGMD THE-ORGANIZING-MODEL)))

(RETRIEVE (?ORG-CLASS ?CLASS-DIAGRAM ?ORGMD) (AND
  (?ORG-CLASS ORGANIZATION-CLASS) (?CLASS-DIAGRAM CLASS-MODEL)
  (?ORGMD ORGANIZATION-MODEL) (?CLASS-DIAGRAM ?ORG-CLASS HAS-CLASS)
  (NOT (?ORGMD ?ORG-CLASS HAS-CLASS))))
--> (((?ORG-CLASS REVIEWERS-BOARD) (?CLASS-DIAGRAM EC-CLASS-MODEL)
  (?ORGMD THE-ORGANIZING-MODEL)))
```

Figura 123. Consultas combinadas e respostas sobre violações à propriedades inter-diagramas.

Relativamente às consultas que analisam violações às propriedades inter-diagramas estáticos e dinâmicos, as mesmas foram executadas após a introdução deliberada de violações do tipo *classless* e um caso especial de *classless*. As respostas obtidas são apresentadas na Figura 124.

```
(RETRIEVE (?IPATH ?SEQMD ?HEAD)
  (AND (?IPATH INSTANCE-PATH) (?SEQMD SEQUENCE-MODEL) (?SEQMD
  ?IPATH HAS-PATH)
  (?IPATH ?HEAD HAS-HEAD) (?HEAD NIL IS-INSTANCEOF)))
--> (((?IPATH PAPER01-PATH) (?SEQMD SEQ-1) (?HEAD PAPER-01)))

(RETRIEVE (?SEQMD ?AGENT-IPATH ?CREATE ?ROLE)
  (AND (?SEQMD SEQUENCE-MODEL)
  (?AGENT-IPATH AGENT-INSTANCE-PATH)
  (?SEQMD ?AGENT-IPATH HAS-PATH)
  (?CREATE CREATE-MSG)))
```

```
(?SEQMD ?CREATE HAS-MSG)
(?AGENT-IPATH ?CREATE IS-MSG-RECEIVER)
(?AGENT-IPATH ?ROLE-IPATH HAS-TAIL)
(?ROLE AGENT-ROLE)
(?ROLE-IPATH ?ROLE HAS-HEAD)
(?ROLE NIL IS-INSTANCEOF)))
--> (((?SEQMD SEQ-CREATE-AGENT-1) (?AGENT-IPATH LUCENA-PATH)
(?CREATE CREATE-AGENT-1) (?ROLE SELMAS-CHAIR)))
```

Figura 124. Consultas e respostas sobre violações a propriedades inter-diagramas.

Para que a execução da consulta sobre sugestões de boas práticas de modelagem retornasse resposta positiva foi necessário alterar a base de conhecimento, a partir da suposição de que o papel de agente *manager* é modelado apenas no diagrama de organização (Propriedade BP 3, Capítulo 5). Isto significa que não há interação prevista entre um agente que desempenha este papel com os demais agentes do sistema. A Figura 125 ilustra a consulta (composição de consultas) e respectiva(s) resposta(s).

```
(RETRIEVE (?ROLE-DIAG) (?ROLE-DIAG ROLE-MODEL))
--> (((?ROLE-DIAG THE-ROLE-MODEL)))

(RETRIEVE (?ROLE ?ROLE-DIAG ?ORG-DIAG)
  (AND (?ROLE AGENT-ROLE-CLASS)
    (?ORG-DIAG ORGANIZATION-MODEL)
    (?ORG-DIAG ?ROLE HAS-CLASS)
    (?ROLE-DIAG ROLE-MODEL)
    (NOT (?ROLE-DIAG ?ROLE HAS-CLASS))))
--> (((?ROLE MANAGER) (?ROLE-DIAG THE-ROLE-MODEL) (?ORG-DIAG THE-
ORGANIZING-MODEL)))
```

Figura 125. Consultas e respostas sobre sugestões de boas práticas de modelagem.

6.4.

Lições aprendidas

A realização dos estudos de caso foi determinante para que se definisse a versão final do Observed-MAS. De fato, a primeira versão do método, composta de apenas uma fase e publicada em (Brandão et al, 2005a), utilizou a modelagem do primeiro estudo de caso como exemplo de teste. A partir dos resultados obtidos nos primeiros testes optou-se pela reestruturação do método, a fim de prover maior suporte à atividade de construção de modelos de projeto, informando ao desenvolvedor quais erros ele estava cometendo na construção dos diagramas e onde estavam estes erros.

O método foi redefinido para ser executado em três fases, estruturadas por ontologias cada vez mais restritivas. Novamente, o método não se mostrou tão eficiente quanto desejado, pois a terceira ontologia era tão restritiva que só poderia ser descrita com a introdução de ciclos. Além disso, as consultas

relacionadas às sugestões de boas práticas de modelagem só eram consideradas ao final da modelagem, o que desestimulava o seu uso. Uma descrição do método trifásico foi publicada como relatório técnico (Brandão et al, 2005b). Finalmente chegou-se à versão final do método, ainda usando como exemplo a modelagem do mercado virtual.

O segundo estudo de caso foi conduzido desde o início utilizando-se a versão final do Observed-MAS. Este estudo teve sua importância relacionada à constatação de limitações computacionais, do aparato dedutivo utilizado (RACER), para consultas complexas a bases de conhecimento de grande porte. Assim, este estudo foi determinante na especificação da ferramenta de automatização do método Observed-MAS para MAS-ML (Capítulo 5, seção 5.5), pois permitiu que as consultas complexas fossem subdivididas em consultas simples, cujos resultados são manipulados pela ferramenta para retornar a resposta desejada.

Como trabalhos futuros, novos estudos de caso devem ser conduzidos a fim de avaliar a ferramenta de automatização do Observed-MAS para MAS-ML, para que seja disponibilizada como API da ferramenta *VisualAgent* (Maria et al, 2005).