

DETERMINANDO O ESTADO DA ARTE DA MAS-ML POR MEIO DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Lukas Felipe Gaedicke¹

Gilleanes Thorwald Araujo Guedes²

Resumo:

A linguagem MAS-ML (Multi-Agent Systems - Modeling Language) é uma linguagem para a modelagem de sistemas multiagentes adaptada e estendida a partir da UML (Unified Modeling Language - Linguagem de Modelagem Unificada) para facilitar a abstração e auxiliar no projeto de sistemas multiagentes que possuem particularidades para as quais a UML não foi projetada. A MAS-ML possui recursos estruturais e comportamentais desenvolvidos para o projeto de sistemas multiagentes, além de diversas com extensões a parte, ou seja, estudos que herdaram e modificam as características principais, mas que não são incluídas diretamente ao trabalho principal, assim abrangendo o estudo mas dificultando uma pronta identificação dos recursos e estudos disponíveis para a modelagem de agentes com a linguagem. Assim, objetivo principal deste estudo é, por meio de uma revisão sistemática de literatura, determinar o atual estado-da-arte desta linguagem, identificando suas vantagens e limitações, bem como quais possíveis extensões poderiam ser aplicadas à MAS-ML.

Palavras-chave: MAS-ML UML Systematic Review Multi-Agent Systems Modeling Language

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

DETERMINANDO O ESTADO DA ARTE DA MAS-ML POR MEIO DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

¹ Aluno de graduação. lukasgaedicke.unipampa@gmail.com. Autor principal

² Docente. gilleanesguedes@unipampa.edu.br. Orientador

DETERMINANDO O ESTADO DA ARTE DA MAS-ML POR MEIO DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

1 INTRODUÇÃO

O interesse do uso de agentes como auxiliares nas mais diversas aplicações vem crescendo ao longo dos anos. Todavia o desenvolvimento de sistemas que suportem agentes apresenta novos desafios para a engenharia de software, o que demonstrou a necessidade do desenvolvimento de novas metodologias e processos de desenvolvimento para este tipo de sistema, bem como linguagens de modelagem. Dessa forma, várias linguagens foram derivadas a partir da UML (Unified Modeling Language), uma linguagem amplamente utilizada na área de engenharia de software, para o projeto de sistemas multiagentes (SMAs).

Dentre as linguagens que estendem a UML, a MAS-ML em seu estado atual, é a linguagem de modelagem que contempla a maior quantidade de recursos para a modelagem das características estruturais e comportamentais dos agentes, quando comparadas em Gonçalves et al. (2015), com as linguagens AUML de Odell et al. (2000) e AML de Cervenka et al. (2007), assim apresentando um interesse particular de estudo.

Segundo (Silva, 2008), a MAS-ML é uma linguagem de modelagem que tem como principal objetivo facilitar a abstração no desenvolvimento de SMAs. Esta linguagem foi estendida a partir da superestrutura da UML, no qual foram inseridos novos conceitos de modelagem, representados por novas metaclasses e estereótipos, consideradas apropriadas para capturar as características típicas de SMAs.

O objetivo principal deste estudo é, por meio de uma revisão sistemática de literatura, determinar o atual estado-da-arte desta linguagem, identificando suas vantagens e limitações, bem como quais possíveis extensões poderiam ser aplicadas à MAS-ML.

2 METODOLOGIA

Para realização deste estudo, realizamos uma revisão sistemática da literatura. De acordo com Kitchenham et al. (2004), uma Revisão Sistemática (RS) tem como objetivo identificar, avaliar e interpretar os resultados do estudo que estão relacionados com as questões, área temática ou fenômeno que se deseja coletar evidências para servir como fundamentação para conclusões.

De acordo com Biolchini et al. (2005), uma RS deve basear-se em um protocolo previamente definido, que deve formalizar a execução da RS desde a definição das questões de pesquisa até o relatório final.

Assim, elaboramos um protocolo, no qual definimos 2 questões de pesquisa, além de critérios de seleção (inclusão e exclusão de trabalhos), as bases digitais utilizadas para a extração dos estudos relacionados e a definição das palavras chaves que foram utilizadas durante a busca nestas bases. Neste protocolo também definiu-se qual foi a estratégia de seleção dos trabalhos e a extração das informações dos estudos encontrados.

As questões de busca definidas foram: **RQ1**. “Qual é a adequabilidade da MAS-ML para a modelagem de sistemas multiagentes?” e **RQ2**. “Quais são as lacunas da MAS-ML para a modelagem de sistemas multiagentes?”

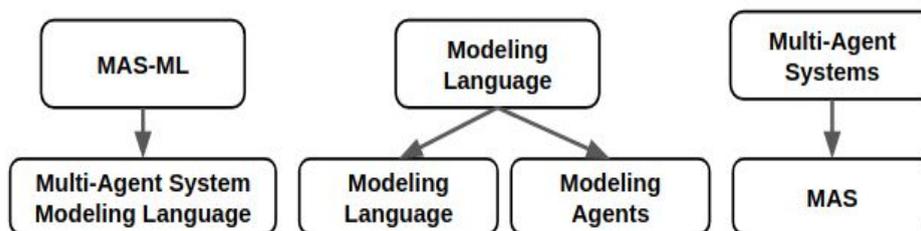
Com o objetivo de eliminar estudos não relacionados ao nosso contexto, e apenas incluir estudos relevantes a esse trabalho, definimos critérios de inclusão e exclusão. Como critério de inclusão, estabelecemos que os artigos devem reportar explicitamente estudos sobre a linguagem MAS-ML. Já os critérios de exclusão foram: (I) estudo não escrito em

inglês; (II) estudos não disponíveis para download; (III) estudos com menos de 6 páginas; (IV) estudos não relacionados à modelagem de sistemas multiagentes.

Para encontrar os trabalhos, realizamos um processo de busca em seis bases de dados digitais (*ACM Digital Library, IEEE Xplore, Engineering Village, ScienceDirect, SpringerLink e Scopus*), todas elas amplamente utilizadas e conhecidas no meio acadêmico.

Definiram-se 3 palavras chave para a busca de estudos relacionados: *MAS-ML, Modeling Language e Multi-Agent Systems*. Com o intuito de aumentar a abrangência desse estudo, buscando identificar a maior quantidade de artigos sobre a MAS-ML, foram definidos mais 4 sinônimos derivados das palavras chave, como pode ser visto na figura 01.

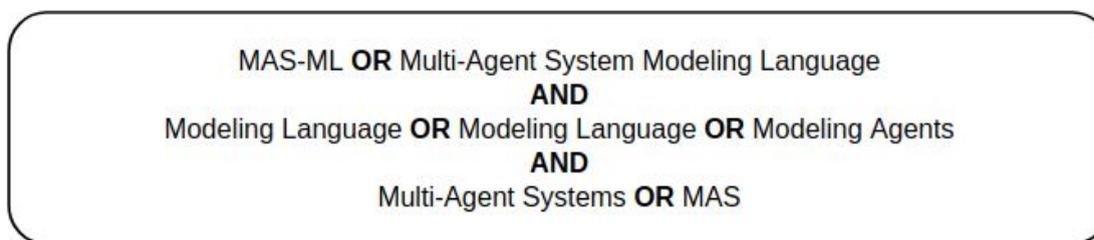
Figura 1- Palavras chaves e suas derivações.



Fonte: Autor, 2018.

Após a definição das palavras chaves, elaboramos uma string genérica (Figura 2). Essa string foi adaptada para cada uma das 6 bases em que foi executada a busca.

Figura 2- String de busca genérica.



Fonte: Autor, 2018.

Para selecionar os estudos, definimos 4 etapas: (1) executar as strings de busca nas bases digitais; (2) remover os estudos duplicados; (3) aplicar os critérios de exclusão nos estudos restantes da etapa 2; (4) aplicar os critérios de inclusão nos estudos remanescentes da etapa 3; (5) ler e extrair as informações dos estudos remanescentes da etapa 4.

Ao executarmos o processo de seleção dos estudos, a cada etapa, houve um redução na quantidade dos estudos relacionados com nosso objetivo, sendo que na Etapa 1, a busca retornou 186 resultados, na execução do passo 2 restaram 151 estudos. Na aplicação dos critérios de exclusão, Etapa 3, restaram 53 estudos. Na etapa 4 do processo, a aplicação dos critérios de inclusão, restaram apenas 7 estudos, os quais foram lidos e as informações extraídas são apresentadas e discutidas na seção 3.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

O estudo de Silva et al. (2004a), contém a primeira proposta da linguagem MAS-ML. Esta linguagem estendeu a UML baseada na descrição de propriedades estruturais e dinâmicas apresentadas em um framework conceitual chamado *Taming Agents and Objects*.

O objetivo foi abordar as características particulares de sistemas multi-agentes (SMA) que não eram cobertas pela UML. Assim, para sanar essa limitação, o estudo apresenta como

solução um metamodelo UML estendido, descrevendo as novas metaclasses e estereótipos que podem ser usados para modelar as características dos agentes em um SMA.

A modelagem na MAS-ML foi dividida em 2 aspectos, estruturais e dinâmicos. Os aspectos estruturais detalhados em Silva et al. (2004a), representam os diagramas estáticos (diagramas de classes, organização e papéis). Enquanto os aspectos dinâmicos, detalhados em Silva et al. (2003), representam as interações entre os agentes (diagrama de sequência).

A partir desses recursos, segundo Silva et al. (2004a), a MAS-ML seria capaz de abordar as características particulares de um SMA que não são suportadas pela UML, tornando-se possível representar abstrações associadas a um SMA e descrever as relações estáticas e dinâmicas entre essas abstrações.

Mas apesar dos benefícios da utilização da MAS-ML para modelagem de agentes, o estudo de Silva et al. (2004a), apenas se preocupava com os aspectos estruturais e parcialmente com os aspectos dinâmicos do sistema (apenas diagrama de sequência), deixando assim uma lacuna para a modelagem de planos para a garantia de alcance de metas relacionados às funções, interações e organizações do agente.

Em um trabalho posterior, Silva et al. (2008b), sumariza e descreve diretrizes para a modelagem de propriedades dos agentes apresentados nos estudos de Silva et al. (2004b) e Silva et al. (2005). O primeiro realiza uma extensão do diagrama de sequência da MAS-ML para a representação de interações entre agentes, como o envio e recebimento de mensagens entre si. Já o segundo propõe uma extensão do diagrama de atividade da UML para a representação dos planos e ações dos agentes, além de possibilitar a representação das funções desempenhadas pelos agentes durante a execução de um plano.

O estudo de Freire et al. (2012), estende a MAS-ML para o suporte da modelagem de elementos estáticos de normas para agentes. No qual, como resultado surgiu uma nova versão da MAS-ML com suporte a modelagem de normas de agentes, chamada de NorMAS-ML.

A grande maioria dos agentes possuem total autonomia para realizar a execução de tarefas que lhe são determinadas. Mas em alguns cenários, se faz necessário restringir o comportamento dos agentes por meio de normas, definindo sanções e aplicando-as quando normas são violadas ou cumpridas (Figueiredo et al. 2010).

Identificando essas características e visando possibilitar a modelagem de elementos estáticos de normas de agentes ainda em fase de projeto, Freire et al. (2012), realizou a extensão de duas linguagens de modelagem para sistemas multi-agentes baseadas na UML, sendo elas a MAS-ML de Silva et al. (2008a), e NormML de Figueiredo et al. (2010), uma linguagem de modelagem para a especificação de normas.

Como resultado é apresentada uma nova versão da MAS-ML com suporte a modelagem de normas de agentes, chamada de NorMAS-ML. Como principal limitação, destaca-se que o estudo apenas realizou a extensão dos aspectos dinâmicos da MAS-ML, deixando em aberto a extensão dos aspectos dinâmicos de normas na MAS-ML.

No estudo de Adamzadeh et al. (2014), foi realizada a proposta de uma linguagem de modelagem específica de domínio (DSML), no qual estendeu a MAS-ML a partir da versão de Silva et al. (2008a), definindo conceitos relacionados à mitigação de danos em ambientes de resposta a emergências (EREs), mas que ainda necessitam de melhorias, porque apenas alguns dos conceitos do metamodelo para gerenciamento de desastres de Othman et al. (2014), foram considerados na extensão.

O estudo de Gonçalves et al. (2015), realizou a evolução da MAS-ML para a MAS-ML 2.0, que envolveu alterações dos aspectos estáticos e dinâmicos propostos por Silva et al. (2008a), para que além das características particulares de SMAs, a linguagem também contemple a modelagem das arquiteturas internas dos agentes propostas por Russell et al.

(2016). A evolução consistiu na modificação das entidades propostas por Silva et al. (2008a) *AgentClass* e *AgentRoleClass*, definição de duas novas metaclasses e a criação de novos estereótipos para a representação do comportamento dos agentes nos diagramas da MAS-ML.

Os diagramas estáticos sofreram modificações, sendo possível a representação de cinco estruturas de agentes baseados em arquiteturas, sendo eles: *Agentes de Reflexo Simples*, *Agentes Baseados em Modelo*, *Agentes baseados em metas com estrutura de planejamento*, *Agentes baseados em metas com estrutura de plano* e *Agentes Baseados em Utilidade*.

Ainda neste trabalho, foi desenvolvida uma ferramenta para a modelagem dos diagramas estáticos e dinâmicos da MAS-ML 2.0, chamada de ferramenta MAS-ML. Também além da modelagem dos agentes, é possível através de regras OCL desenvolvidas nesse estudo, realizar a verificação dos diagramas desenvolvidos na ferramenta.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a conclusão desta revisão sistemática, tendo analisado os trabalhos pertinentes da linguagem MAS-ML e estabelecido seu estado da arte, agregamos conhecimento suficiente para responder às pesquisas de nosso protocolo.

Com relação à primeira pergunta (“Qual é a adequabilidade da MAS-ML para a modelagem de sistemas multiagentes?”), tomando como base os estudos encontrados, podemos afirmar que a MAS-ML se mostra adequada para a modelagem e representação (I) das principais entidades de um SMA, apresentadas como propriedades estáticas como agentes, papéis de agente, organizações, sub-organizações e ambientes; (II) das propriedades dinâmicas, como a interação dos agentes por meio de troca de mensagens, o fluxo de execução dos planos e ações dos agentes; (III) da modelagem das arquiteturas internas de agentes propostas por, tanto nos diagramas estáticos e dinâmicos; (IV) da modelagem dos elementos estáticos das normas para agentes, propostas por Gonçalves et al. (2015) e (V) parcialmente a modelagem dos aspectos estáticos dos conceitos relacionados à mitigação de danos em EREs.

Com relação à segunda pergunta (“Quais são as lacunas da MAS-ML para a modelagem de sistemas multiagentes?”), concluímos que as principais lacunas da linguagem, destacadas pelos trabalhos identificados na revisão sistemática, são que a MAS-ML 2.0 ainda precisa sofrer outras extensões para fornecer suporte à modelagem de outras arquiteturas internas propostas pela literatura. Com relação ao estudo de Adamzadeh et al. (2014), este ainda necessita de melhorias, atualmente a extensão está cobrindo somente alguns dos conceitos do metamodelo para gerenciamento de desastres, além de que, da mesma forma que o estudo de Freire et al. (2012), não possui suporte para a representação dos aspectos dinâmicos da MAS-ML original.

A MAS-ML também não contém nenhum recurso específico para a modelagem de requisitos particulares para SMAs, acreditamos que ela utilizaria o diagrama de casos de uso propriamente dito para isto, mas não encontramos nenhum exemplo dessa aplicação.

Todavia, reconhecemos que é necessária uma aplicação prática da linguagem no projeto de um sistema multiagente para o mundo real, de maneira a poder afirmar com maior precisão, o quão adequada é a linguagem e quais suas limitações.

Como trabalhos futuros, buscaremos avaliar a validade do estudo de Gaedicke et al. (2018), para o mapeamento do comportamento dos agentes, na fase da análise de requisitos para a modelagem na fase de projeto e aplicar a MAS-ML na prática, buscando realmente identificar seus pontos fortes e fracos.

REFERÊNCIAS

- Adamzadeh, T., Zamani, B., & Fatemi, A. (2014, October). A modeling language to model mitigation in emergency response environments. In *Computer and Knowledge Engineering (ICCKE), 2014 4th International eConference on* (pp. 302-307). IEEE.
- Biolchini, J., Mian, P. G., Natali, A. C. C., & Travassos, G. H. (2005). Systematic review in software engineering. System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES, 679(05), 45.
- Cervenka, R., & Trencansky, I. (2007). *The Agent Modeling Language-AML: A Comprehensive Approach to Modeling Multi-Agent Systems*. Springer Science & Business Media.
- Figueiredo, K., & da Silva, V. T. (2010). NormML: a modeling language to model norms. In *1st Workshop on Autonomous Software Systems*. Salvador, Brazil.
- Freire, E. S. S., Cortés, M. I., Gonçalves, E. J. T., & Lopes, Y. S. (2012). NorMAS-ML-A Modeling Language to Model Normative Multi-agent Systems. In *ICEIS (2)* (pp. 113-119).
- Silva, V. T. da, & de Lucena, C. J. P. (2003). Extending the UML Sequence Diagram to model the dynamic aspects of Multi-Agent Systems. PUC.
- Silva, V. T. da, & De Lucena, C. J. (2004a). From a conceptual framework for agents and objects to a multi-agent system modeling language. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 9(1-2), 145-189.
- Silva, V. T. da., Choren, R., & De Lucena, C. J. (2004b, July). A UML based approach for modeling and implementing multi-agent systems. In *Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 2* (pp. 914-921). IEEE Computer Society.
- Silva, V. T. da, Noya, R. C., & de Lucena, C. J. (2005, July). Using the UML 2.0 activity diagram to model agent plans and actions. In *Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems* (pp. 594-600). ACM.
- Silva, V. T. da, Choren, R., & De Lucena, C. J. (2008a). MAS-ML: a multiagent system modelling language. *International Journal of Agent-Oriented Software Engineering*, 2(4), 382-421.
- Silva, V. T. da, Choren, R., & De Lucena, C. J. (2008b). Modeling MAS properties with MAS-ML dynamic diagrams. In *Agent-Oriented Information Systems IV* (pp. 1-18). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gaedicke, L. F., & Guedes, G. T. A. (2018). Proposta de Extensão da MAS-ML por Meio de um Metamodelo UML para Modelagem de Requisitos. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 9(3).
- Gonçalves, E. J. T., Cortés, M. I., Campos, G. A. L., Lopes, Y. S., Freire, E. S., da Silva, V. T., & de Oliveira, M. A. (2015). MAS-ML 2.0: Supporting the modelling of multi-agent systems with different agent architectures. *Journal of Systems and Software*, 108, 77-109.
- Kitchenham, B. A., Dyba, T., & Jorgensen, M. (2004, May). Evidence-based software engineering. In *Proceedings of the 26th international conference on software engineering* (pp. 273-281). IEEE Computer Society.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: a modern approach*. Malaysia; Pearson Education Limited,.
- Odell, J., Parunak, H. V. D., & Bauer, B. (2000). Extending UML for agents. *Ann Arbor*, 1001, 48103.
- Othman, S. H., Beydoun, G., & Sugumaran, V. (2014). Development and validation of a Disaster Management Metamodel (DMM). *Information Processing & Management*, 50(2), 235-271.