

# **Relatório Sobre o Estudo: MAS-ML - Uma Linguagem para Modelagem de Sistemas Multi-Agentes: Uma Análise do Estado da Arte**

## **por Meio de uma Revisão Sistemática**

**Lukas Felipe Gaedicke, Gilleanes Thorwald Araujo Guedes, João Pablo Silva da Silva**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete (UNIPAMPA)  
Av. Tiarajú, 810 - Ibirapuitã, Alegrete – RS – Brazil

{lukasfgaedicke, gilleanesguedes, joaosilva}@unipampa.edu.br

**Resumo.** *Este artigo descreve em linhas gerais os artefatos e o processo utilizado na realização do estudo MAS-ML - Uma Linguagem para Modelagem de Sistemas Multi-Agentes: Uma Análise do Estado da Arte por Meio de uma Revisão Sistemática.*

### **Introdução**

O interesse em utilizar 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 da criação de novas metodologias e processos de desenvolvimento para este tipo de sistema, bem como da criação de linguagens de modelagem que os suportem. Levando isto em consideração, 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 (MultiAgent Systems Modeling Language) em seu estado atual, está entre as que contemplam a maior quantidade de recursos para a modelagem das características estruturais e comportamentais dos agentes. Isto é corroborado por [Gonçalves et al. 2015], que a compara com as linguagens AUML de [Odell et al. 2000] e AML de [Cervenka and Trencansky 2007]. Isso posto, consideramos a MAS-ML como possuidora de um interesse particular de estudo.

Segundo [Silva et al. 2008b], 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.

Com o objetivo de estabelecer o estado-da-arte dessa linguagem e determinar como ela pode ser melhorada, realizamos uma revisão sistemática sobre MAS-ML, recuperando os artigos considerados relevantes. A partir disso, nós analisamos as características acrescidas à linguagem a cada evolução, procurando identificar as vantagens e limitações da MAS-ML. Esse trabalho se justifica pelo fato de não termos encontrado outra revisão sistemática sobre o tema.

## Protocolo

Para realização deste estudo, realizamos uma revisão sistemática da literatura. De acordo com [Kitchenham 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 estipulação das questões de pesquisa, passando pelo estabelecimento dos critérios de seleção (inclusão e exclusão de trabalhos), das bases digitais utilizadas para a extração dos estudos relacionados e das palavras chaves aplicadas durante a busca nestas bases, até a definição de como será o relatório final.

Dessa forma, elaboramos um protocolo, no qual definimos duas questões de pesquisa (“QP1. *Quão abrangente é a MAS-ML para a modelagem de sistemas multiagentes?*”) e “QP2. *Quais são as lacunas da MAS-ML para a modelagem de sistemas multiagentes?*”). Neste protocolo também definiu-se a estratégia de seleção dos trabalhos e a forma de extração das informações nos estudos encontrados. A tabela 1 apresenta os critérios de inclusão e exclusão utilizados durante a revisão sistemática.

**Table 1. Critérios de inclusão e exclusão**

<b>Tipo</b>	<b>Critério</b>
<b>Inclusão</b>	O trabalho deve reportar explicitamente estudos sobre a linguagem MAS-ML.
<b>Exclusão</b>	Estudo não escrito em inglês.
<b>Exclusão</b>	Estudo não disponíveis para download.
<b>Exclusão</b>	Estudo com menos de 6 páginas.
<b>Exclusão</b>	Estudo não relacionado 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. Também 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, sendo elas Multi-Agent System Modeling Language, Modeling Agents e MAS.

Após o levantamento de termos centrais e seus sinônimos foi construída uma *string* de busca genérica, que pode ser observada na figura 1. Contudo é importante ressaltar que para cada uma das bases de dados pesquisadas a *string* padrão sofreu modificações com o objetivo de adequá-la às particularidades de cada um dos mecanismos de busca adotados pelas bases online.

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.

(MAS-ML OR Multi-Agent System Modeling Language) AND (Modeling Language OR Modeling Agents AND Multi-Agent Systems OR MAS)

**Figure 1. Ilustração da *String* genérica utilizada.**

Base	String de busca
ACM Digital Library	((("MAS-ML" "multi-agent system modeling language") AND ((("modeling language" "modeling multi-agent systems" "modeling agents") OR ("multi-agent system" "MAS"))))
Compendex	((("MAS-ML" OR "multi-agent system modeling language") AND (( "modeling language" OR "modeling multi-agent systems" OR "modeling agents") OR ("multi-agent system" OR "MAS")))) WN ALL)
IEEE Xplore	((("MAS-ML" OR "multi-agent system modeling language") AND ((("modeling language" OR "modeling multi-agent systems" OR "modeling agents") OR ("multi-agent systems" OR "MAS"))))
ScienceDirect	("MAS-ML" OR "multi-agent system modeling language") AND ((("modeling language" OR "modeling multi-agent systems" OR "modeling agents") OR ("multi-agent systems" OR "MAS"))
SpringerLink	("MAS-ML" OR "multi-agent system modeling language") AND ((("modeling language" OR "modeling multi-agent systems" OR "modeling agents") OR ("multi-agent systems" OR "MAS"))
Scopus	TITLE-ABS-KEY(("MAS-ML" OR "multi-agent system modeling language") AND ((("modeling language" OR "modeling multi-agent systems" OR "modeling agents") OR ("multi-agent systems" OR "MAS"))))

**Table 2. Strings de busca por base de dados**

## Resultados

**Table 3. Resultados String/Base**

Base	Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4
ACM Digital Library	13	9	3	2
Compendex	22	17	6	4
IEEE Xplore	29	28	9	1
ScienceDirect	43	41	4	0
SpringerLink	40	38	21	0
Scopus	39	18	10	1
Total	186	151	53	8

**Table 4. Resultados categorizados**

<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Base</b>	<b>Ano</b>
[Silva and Lucena 2004]	From a Conceptual Framework for Agents and Objects to a Multi-Agent System Modeling Language	ACM	2004
[Silva et al. 2004]	A UML based approach for modeling and implementing multi-agent systems	IEEE	2004
[Silva et al. 2005]	Using the MAS-ML to model a multi-agent system	Scopus	2004
[Silva et al. 2008b]	MAS-ML: a Multiagent System Modelling Language	ACM	2008
[Silva et al. 2008a]	Modeling MAS properties with MAS-ML dynamic diagrams	EngineeringVillage	2008
[Freire et al. 2012]	NorMAS-ML: A modeling language to model normative multi-agent systems	EngineeringVillage	2012
[Adamzadeh et al. 2014]	A modeling language to model mitigation in emergency response environments	EngineeringVillage	2014
[Gonçalves et al. 2015]	MAS-ML 2.0: Supporting the modelling of multi-agent systems with different agent architectures	EngineeringVillage	2015

## Conclusão

Considerando o objetivo principal desse estudo, de identificar a abrangência e lacunas da MAS-ML, destacamos que a MAS-ML atualmente suporta parcialmente a modelagem das principais entidades e arquiteturas internas de agentes de um SMA por meio de diagramas estáticos e dinâmicos, além de possibilitar a modelagem dos aspectos estáticos de normas e EREs.

Mas apesar dos benefícios, a linguagem ainda possui oportunidades de melhoria. Com base nos estudos dessa revisão, identificamos que atualmente a MAS-ML possui 3 versões disjuntas. De um ponto de vista de engenharia de software, isso é um grande problema, porque se torna difícil realizar a identificação de quais adaptações cada uma das linguagens implementou em sua versão. E mesmo que [Adamzadeh et al. 2014], em seu estudo utilize duas versões diferentes da linguagem MAS-ML em um mesmo exemplo de uso, ainda não é possível afirmar qual é a compatibilidade das linguagens entre si.

A partir destas conclusões, como trabalhos futuros, passamos à segunda etapa de nossa pesquisa (que já se encontra em andamento) durante a qual estamos aplicando a linguagem MAS-ML na modelagem de um sistema multiagente real com o objetivo de determinar se realmente a linguagem é adequada para a modelagem deste tipo de sistema

e se ela possui mais limitações. Com isso almejamos determinar o que precisaria ser estendido nesta linguagem. Podemos destacar neste momento a falta de mecanismos para a modelagem de requisitos que esta linguagem apresenta, além da falta de um processo de desenvolvimento que suporte sua utilização.

## References

- Adamzadeh, T., Zamani, B., and Fatemi, A. (2014). A modeling language to model mitigation in emergency response environments. In *Computer e Knowledge Engineering (ICCKE), 2014 4th International eConference on*, pages 302–307. IEEE.
- Biolchini, J., Mian, P. G., Natali, A. C. C., and 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. and Trencansky, I. (2007). *The Agent Modeling Language-AML: A Comprehensive Approach to Modeling Multi-Agent Systems*. Springer Science & Business Media.
- Freire, E. S. S., Cortés, Mariela Inés e Gonçalves, E. J. T., and Lopes, Y. S. (2012). Normas-ml-a modeling language to model normative multi-agent systems. In *ICEIS (2)*, pages 113–119.
- Gonçalves, E. J. T., Cortés, M. I., Campos, G. A. L., Lopes, Y. S., Freire, E. S., da Silva, V. T., de Oliveira, K. S. F., and 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. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26.
- Odell, J., Parunak, H. V. D., and Bauer, B. (2000). Extending uml for agents. *Ann Arbor*, 1001:48103.
- Silva, V. T., Choren, R., and De Lucena, C. J. (2004). 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*, pages 914–921. IEEE Computer Society.
- Silva, V. T., Choren, R., and De Lucena, C. J. (2008a). Modeling mas properties with mas-ml dynamic diagrams. In *Agent-Oriented Information Systems IV*, pages 1–18. Springer.
- Silva, V. T. and Lucena, C. J. (2004). 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., Noya, R. C., and de Lucena, C. J. (2005). 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*, pages 594–600. ACM.
- Silva, V. T. D., Choren, R., and De Lucena, C. J. (2008b). Mas-ml: a multiagent system modelling language. *International Journal of Agent-Oriented Software Engineering*, 2(4):382–421.