

Um Mapeamento de Sistemas Multiagentes e Ativos Digitais com uma Proposta de Aplicação em Smart Parking

Gabriel L. M. Oliveira¹, Gleifer Vaz Alves¹, Nilson Mori Lazarin²

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Ponta Grossa, PR - Brasil

²Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ)
Rio de Janeiro, RJ – Brazil

gabrieloliveira.2020@alunos.utfpr.edu.br

gleifer@utfpr.edu.br, nilson.lazarin@cefet-rj.br

Abstract. *With the growth of the smart cities' paradigm, other scopes are starting to be explored. For example, improving the control or management over parking spaces using Multi-Agent Systems (MAS) is possible in the context of Smart Parking. Integrating MAS and Blockchain can improve efficiency, transparency, and user experience in parking operations, contributing to developing more intelligent and sustainable cities. This paper presents research mapping papers in the MAS area that use BDI agents and digital assets applied to Smart Parking. Besides, an implementation proposal based on these concepts is given.*

Resumo. *Com o crescimento do paradigma de cidades inteligentes, outros escopos começam a ser explorados. No contexto de Smart Parking, por exemplo, é possível melhorar o controle ou a gestão de reserva de vagas, através da aplicação de Sistemas Multiagentes (SMA). Integrar SMA e Blockchain neste contexto pode proporcionar um aprimoramento da eficiência, transparência e experiência do usuário nas operações de estacionamento, contribuindo para o desenvolvimento de cidades mais inteligentes e sustentáveis. Este artigo apresenta um mapeamento de artigos a respeito da área de SMA que usam agentes BDI e ativos digitais aplicados em um Smart Parking. Além disso, uma proposta de implementação baseado nesses conceitos é descrita.*

1. Introdução

Na última década, a dependência da nossa sociedade em sistemas inteligentes descentralizados aumentou drasticamente. Todo dia itens como smartphones, dispositivos vestíveis, veículos e eletrodomésticos, estão aumentando suas capacidades computacionais e comunicativas, isso tem mudado hábitos e costumes na sociedade contemporânea [Calvaresi et al. 2019]. Neste contexto, os Sistemas Multiagentes (SMA) têm recebido destaque como uma abordagem promissora para a resolução de problemas complexos, que requerem a colaboração entre diferentes entidades autônomas.

Na área de Inteligência Artificial, particularmente a de SMA, visa o desenvolvimento de entidades computacionais autônomas capazes de ações flexíveis e autônomas em contextos dinâmicos, ou seja, que geralmente contém outros agentes possivelmente

desenvolvidos por diferentes partes e distribuídos em uma rede [Papi et al. 2022]. Levando isso em consideração, uma área particularmente interessante dentro dos Sistemas Multiagentes é a teoria dos agentes BDI (*Belief-Desire-Intention*) [Bratman 1987]. Essa teoria, inspirada na psicologia cognitiva, descreve atitudes mentais como crenças (*Beliefs*) sobre o mundo, desejos (*Desires*) a serem alcançados e intenções (*Intentions*) que direcionam suas ações. O modelo BDI tem sido utilizado para modelar a cognição humana e também têm sido aplicado com sucesso em SMA [Rao 1996].

A ascensão dos ativos digitais, como criptomoedas e tokens, têm proporcionado novas possibilidades para a negociação entre agentes autônomos. Esses ativos digitais permitem a representação e transferência de valor de forma descentralizada e segura, sem a necessidade de intermediários tradicionais [Minarsch et al. 2022]. Com isso, a negociação entre agentes BDI por meio de ativos digitais torna-se uma linha de pesquisa promissora, pois a tecnologia de Sistemas Multiagentes pode oferecer ferramentas para desenvolver aplicações em domínios envolvendo transação de ativos [Papi et al. 2022].

Um mapeamento sistemático foi desenvolvido de modo a identificar lacunas de pesquisa e reunir conteúdos sobre a utilização de ativos digitais na negociação entre agentes, selecionando artigos que serão futuramente explorados para o desenvolvimento deste trabalho. Para execução desta tarefa foi usada a metodologia de [Kitchenham and Charters 2007] e a ferramenta Parsifal¹.

Com o resultado deste mapeamento, buscou-se apresentar uma proposta de trabalho para atacar a lacuna de pesquisa encontrada, a falta de estudos que abordam SMA BDI que utilizam ativos digitais em um ambiente de Smart Parking. O *middleware* Velluscinum será utilizado como base para o modelo de transações de ativos digitais, esse *middleware* utiliza Distributed Ledger Technologies (DLT), que é um banco de dados com características de descentralização e segurança, ideal para a modelagem proposta para um SMA [Lazarin et al. 2023]. Destaca-se que foram analisados outros *middlewares*, porém apenas o Velluscinum utiliza agentes BDI.

Considerando o avanço de Smart Parkings em Cidades Inteligentes, foi selecionado como cenário de testes para a abordagem deste trabalho, a aplicação em um sistema de Smart Parking, onde há negociações de vagas entre agentes, como abordado em [Mellado et al. 2021].

Em suma, este trabalho se propõe a investigar estudos e desenvolver uma modelagem de um SMA BDI utilizando um *middleware* para a negociação de ativos digitais em um ambiente de Smart Parking. Na Seção 2 é apresentado o mapeamento sistemático. A Seção 3 descreve o modelo de implementação proposto. Por fim, na Seção 4 são apresentadas as considerações finais.

2. Mapeamento Sistemático

Para identificar possíveis lacunas de pesquisas um mapeamento sistemático a respeito de Sistemas Multiagentes BDI que utilizam ativos digitais em sua negociação foi realizado conforme descrito nesta seção.

¹<https://parsif.al/>

2.1. Planejamento

Observando que a necessidade do mapeamento já foi citada em seções anteriores, foram definidas as seguintes questões de pesquisa: (*Q1*) como os agentes normalmente operam no sistema? (*Q2*) como ocorre a utilização dos ativos digitais pelos agentes no sistema? (*Q3*) em um sistema que utiliza *blockchain*, qual a finalidade dos agentes? (*Q4*) quais são os desafios descritos nos estudos?

2.2. Execução

A etapa de execução é definida por buscar estudos, selecionar os estudos relevantes, avaliar a qualidade dos estudos selecionados, extrair os dados relevantes de cada estudo e por fim a interpretação do resultado.

2.2.1. Critérios de Inclusão e Exclusão

Nesta etapa foram definidos os seguintes critérios de inclusão de estudos: i) estudos que tratam SMA BDI; ii) estudos que tratam SMA que utilizam ativos digitais; iii) estudos que tratam SMA que utilizam *blockchain*. E os seguintes critérios de exclusão de estudos: i) artigos resumidos; ii) estudos duplicados; iii) estudos secundários ou terciários; iv) estudos em qualquer idioma que não seja inglês.

2.2.2. Pesquisa por String de Busca

Prosseguindo o protocolo, em conjunto de algumas palavras-chave com seus sinônimos é obtida uma string de busca, com ela é possível fazer a pesquisa dos trabalhos que podem englobar o tema requerido nas bases de dados de bibliotecas digitais. Para busca de artigos foram usadas as principais bases de artigos disponíveis que funcionam facilmente em conjunto com a ferramenta Parsifal e que também viabilizam o uso dos filtros de exclusão.

Assim as seguintes palavras-chave foram definidas: BDI Agents, Blockchain, Digital Ledger Technology, Multi Agent System Trade e Smart Contract. Agregando alguns sinônimos obtém-se a seguinte string de busca: (“*BDI Agents*” OR “*BDI agent*” OR “*Belief-Desire-Intention agents*” OR “*Intelligent agent*” OR “*Multi Agent System Trade*” OR “*Multi-Agent System*” OR “*Multiagent System*”) AND (“*Blockchain*” OR “*Digital assets*” OR “*Digital Ledger Technology*” OR “*DLT*”). Utilizando as bibliotecas digitais (ver Tabela 1) e inserções de estudos de forma manual, foram obtidos 615 estudos, ao aplicar o primeiro filtro da remoção de trabalhos duplicados, restaram 492 estudos.

Source	Imported Studies
ACM Digital Library	104
IEEE Xplore	39
ISI Web of Science	86
Manual	2
Scopus Digital Library	384
Total	615

Tabela 1. Tabela de Resultados em Cada Base de Dados

2.2.3. Aplicação de Critérios de Inclusão e Exclusão

Aplicando os critérios de inclusão e exclusão tem-se um filtro da maior parte dos estudos de forma que somente 39 trabalhos restaram nesta etapa. Também foram incluídos dois novos artigos manualmente conforme o critério de inclusão. Foram incluídos os artigos [Lazarin et al. 2023] e [Liu et al. 2021], sendo que o primeiro é de fato uma das referências principais para este trabalho de pesquisa.

2.2.4. Avaliando a Qualidade dos Artigos

Para esta etapa foi aplicado um novo filtro levando em consideração a plataforma Scopus, esta plataforma é usada para avaliar a qualidade dos periódicos procurando-os através do código ISSN e obtendo uma avaliação, além disso, foi feita uma leitura mais detalhada do resumo comparando os artigos e usando como base as questões de pesquisa.

Neste processo foram comparados os artigos entre si, e através das propostas e dos temas foi possível remover aqueles que não tinham aderência com as questões de pesquisa proposta. Com isso, foram selecionados os seguintes nove artigos:

1. “A Blockchain integration to support transactions of assets in multi-agent systems” [Papi et al. 2022];
2. “Trusted Registration, Negotiation, and Service Evaluation in Multi-Agent Systems throughout the Blockchain Technology” [Calvaresi et al. 2018a];
3. “The good, the bad, and the ethical implications of bridging blockchain and multi-agent systems” [Calvaresi et al. 2019];
4. “A Distributed Electricity Trading System in Active Distribution Networks Based on Multi-Agent Coalition and Blockchain” [Luo et al. 2019];
5. “Enterprise Platform of Logistics Services Based on a Multi-Agents Mechanism and Blockchains” [Liu et al. 2021];
6. “Trust-Based Smart Contract for Automated Agent to Agent Communication” [Mhamdi et al. 2022];
7. “Resilience Network Controller Design for Multi-Domain SDN: A BDI-based Framework” [Song et al. 2022];
8. “Reputation Management in Multi-Agent Systems Using Permissioned Blockchain Technology” [Calvaresi et al. 2018b];
9. “Velluscinum: A Middleware for Using Digital Assets in Multi-Agent Systems” [Lazarin et al. 2023].

Como última etapa para selecionar os melhores artigos entre os escolhidos, foi feito um último filtro, a leitura e aplicação de questões classificatórias que determinaram uma pontuação para cada estudo, quanto maior a pontuação, melhor o artigo se encaixa com o escopo do projeto. Foram selecionadas cinco perguntas e cada uma pode somar 1.0 se a resposta for sim, 0.5 se parcialmente e 0.0 se não.

Seguem abaixo as questões utilizadas para a qualificação, o resultado geral da classificação desta etapa (Figura 1) e por fim os artigos mais bem classificados e suas pontuações (Figuras 2a, 2b, 2c e 2d).

1. O estudo utiliza Sistema Multiagente com DLT autorizada?

2. O estudo mostra como os agentes se comunicam com a *blockchain*?
3. O estudo contempla Sistema Multiagente com *blockchain* ou ativos digitais?
4. O estudo explica a relação de negociação entre agentes?
5. O estudo contempla agentes BDI?

Title	Quality Score
Resilience Network Controller Design for Multi-Domain SDN: A BDI-based Framework	2.5
Trust-Based Smart Contract for Automated Agent to Agent Communication	3.0
Reputation Management in Multi-Agent Systems Using Permissioned Blockchain Technology	3.0
The good, the bad, and the ethical implications of bridging blockchain and multi-agent systems	4.0
A Blockchain integration to support transactions of assets in multi-agent systems	4.0
A Distributed Electricity Trading System in Active Distribution NetworksBased on Multi-Agent Coalition and Blockchain	2.0
Velluscinum: A Middleware for Using DigitalAssets in Multi-Agent Systems	5.0
Enterprise Platform of Logistics Services Based on a Multi-Agents Mechanism and Blockchains	2.5
Trusted Registration, Negotiation, and Service Evaluation in Multi-Agent Systems throughout the Blockchain Technology	4.0

Figura 1. Resultado da Qualificação Geral.

Trusted Registration, Negotiation, and Service Evaluation in Multi-Agent Systems throughout the Blockchain Technology (2018) 4.0			
O estudo utiliza MAS com DLT autorizada?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo mostra como os agentes se comunicam com a blockchain?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo contempla Sistema Multi-Agente com blockchain ou ativos digitais?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo explica a relação de negociação entre agentes?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo contempla agentes BDI?	Sim	Parcialmente	Não

(a) Calvaresi et al. 2018a.

The good, the bad, and the ethical implications of bridging blockchain and multi-agent systems (2019) 4.0			
O estudo utiliza MAS com DLT autorizada?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo mostra como os agentes se comunicam com a blockchain?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo contempla Sistema Multi-Agente com blockchain ou ativos digitais?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo explica a relação de negociação entre agentes?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo contempla agentes BDI?	Sim	Parcialmente	Não

(b) Calvaresi et al. 2019.

Velluscinum: A Middleware for Using DigitalAssets in Multi-Agent Systems (2023) 5.0			
O estudo utiliza MAS com DLT autorizada?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo mostra como os agentes se comunicam com a blockchain?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo contempla Sistema Multi-Agente com blockchain ou ativos digitais?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo explica a relação de negociação entre agentes?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo contempla agentes BDI?	Sim	Parcialmente	Não

(c) Lazarin et al. 2023.

A Blockchain integration to support transactions of assets in multi-agent systems (2022) 4.0			
O estudo utiliza MAS com DLT autorizada?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo mostra como os agentes se comunicam com a blockchain?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo contempla Sistema Multi-Agente com blockchain ou ativos digitais?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo explica a relação de negociação entre agentes?	Sim	Parcialmente	Não
O estudo contempla agentes BDI?	Sim	Parcialmente	Não

(d) Papi et al. 2022.

Figura 2. Resultado da Qualificação

2.3. Análise dos Resultados

Com base na leitura dos artigos, serão respondidas as questões de pesquisas apresentadas anteriormente.

1. Como os agentes normalmente operam no sistema?

Os agentes inteligentes em sistemas que usam *blockchain*, em geral, são abordados como gerenciadores de recursos, por exemplo, distribuição de energia

[Luo et al. 2019], ou como agentes que trocam serviços entre si e negociam via transferência de ativos [Papi et al. 2022].

2. **Como ocorre a utilização dos ativos pelos agentes no sistema?**

Existem vários tipos de interações abordados, mas em resumo, os agentes podem fazer trocas e negociações através da *blockchain* usando, em sua maior parte, contratos vinculados ao registro (*ledger*).

3. **Em um sistema que utiliza *blockchain*, qual a finalidade dos agentes?**

Estabelecer uma relação através de contratos inteligentes, onde assim é possível os agentes se relacionarem entre si usando sistemas de transações e validações de transações feitas por ativos digitais.

4. **Quais são os desafios descritos no estudo?**

Levando em consideração o tema principal do estudo, nota-se que não se tem resultados relacionados a Sistemas Multiagentes que usam *blockchain* em um cenário de Smart Parking, mostrando que existe uma lacuna de pesquisa nessa área que pode ser explorada. Há, sim, propostas de sistemas que utilizam *blockchain* porém em outros cenários. E tais sistemas podem ser usados como base para uma possível adaptação ou integração em um Smart Parking.

2.4. Conclusão do Mapeamento

Ao final deste estudo, nota-se que os artigos selecionados são de 2018 ou mais recentes e principalmente considerando a parte final de qualificação de artigos, pode-se concluir que existem vários estudos na área de SMA que utilizam ativos digitais inclusos, porém é notório que estudos que utilizam DLT autorizada e agentes BDI são raros, como mostra a qualificação geral dos artigos na Figura 1, inclusive somente o estudo base deste artigo [Lazarin et al. 2023] contempla todas as qualidades definidas como desejáveis para este projeto (Fig. 2c).

Os trabalhos avaliados (ilustrados nas Fig. 2a, 2b, 2c e 2d), podem auxiliar na continuidade deste trabalho. Os artigos [Calvaresi et al. 2018a] e [Calvaresi et al. 2019] exemplificam um SMA (mostrando o relacionamento entre eles) integrado a *blockchain* que usa DLT autorizada de forma completa e debatendo sobre a transparência sobre estes sistemas, já [Papi et al. 2022], usam um SMA integrado a *blockchain* que implementa agentes BDI de forma centralizada, e por fim temos [Lazarin et al. 2023] que apresenta um *middleware* chamado Velluscinum utilizado para a negociação entre os agentes BDI, sendo que a negociação conta com a DLT autorizada.

Com a leitura dos nove artigos foi possível analisar que alguns estudos abordam temas diferentes, porém grande parte trabalha com Contratos Inteligentes, contratos estes fundamentais para o relacionamento entre os agentes em um SMA. A *blockchain*, abordada em todos os artigos, é implementada de forma descentralizada em sete dos nove estudos, o que expressa uma tendência a sistemas descentralizados ao invés de centralizados.

Chegando ao final desta análise é possível também observar a existência de uma lacuna de pesquisa dentro do escopo de SMA BDI que utilizam ativos digitais em um ambiente de Smart Parking, sendo esta a principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho.

3. Modelo Proposto

Dado o resultado do mapeamento sistemático, decide-se que o objetivo geral da segunda parte deste trabalho é estruturar e propor uma modelagem para a integração de um SMA em um ambiente de Smart Parking que utiliza agentes BDI e fazem negociação pelo intermédio de um *middleware* que utiliza ativos digitais, assim como mostra a Figura 3. O elemento *network* demonstrado na figura é como os agentes podem negociar usando o *middleware*, um exemplo de *network* que o *middleware* Velluscinum faz conexão é o BigChainDB [GmbH 2018]. Que é um banco de dados descentralizado que visa adicionar características de blockchain para banco de dados distribuídos.

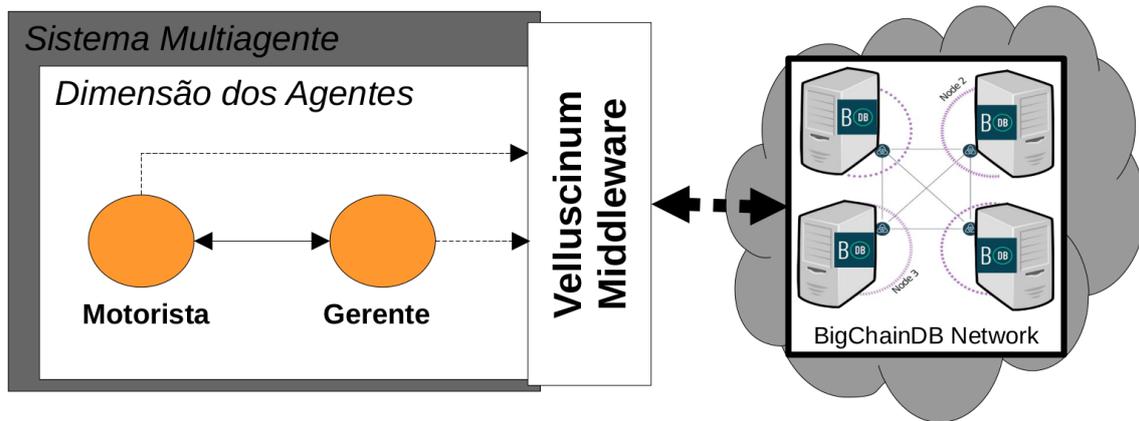


Figura 3. Visão Geral do Modelo.

3.1. Agentes

A modelagem proposta considera dois tipos de agentes: Gerente e Motorista, cada um deles sendo independente em relação ao outro. Além dos agentes, o sistema conta com um ambiente, que é o estacionamento, e com um *middleware* de intermédio para que os agentes possam ter contato com a *blockchain* e transferir os ativos. A negociação entre os agentes do sistema serão divididas em quatro cenários, cada cenário ilustra uma situação diferente do sistema.

Gerente: Faz o controle da entrada e saída de veículos, de vagas e do financeiro. Como única crença este agente tem “*Vagas Disponíveis*”, que é a quantidade de vagas que estão livres no estacionamento, já o objetivo é “*Criar Carteira*”. As intenções do gerente são as seguintes: Verificar Vagas Disponíveis; Enviar Mensagem; Enviar Informações da Vaga; Ocupar Vaga; Enviar Ticket Pagamento; Liberar saída; Validar Transferência (valor ou reserva); Gerar Reserva; Transferir Reserva; e Informar ID Reserva.

Motorista: O agente Motorista representa um motorista com seu veículo que pode ter algumas ações dentro desse sistema, ele não contém nenhuma crença. Este agente tem como objetivos: “*Estacionar Carro*”, “*Usar Reserva*”, “*Fazer Reserva*” e “*Fazer Transferência*”, sendo que todos os objetivos envolvem negociações entre o agente Motorista e o Gerente, exceto pelo último, que envolve duas instâncias do próprio agente Motorista. As intenções do Motorista são dispostas entre: Solicitar Vaga; Solicitar Retirada; Solicitar Reserva; Informar (será informado o ID da transferência valor ou reserva); Transferir Reserva; Transferir Valor; Validar Transferência (valor ou reserva); e Sair do Estacionamento.

3.2. Cenários de Aplicação

Aqui são apresentadas as possíveis situações de negociação entre os agentes, de forma a exemplificar como ocorrem as ações e as trocas de mensagens.

- Cenário 1:** No primeiro cenário, como ilustra a Fig. 4, tem-se um Motorista que chega no estacionamento e tem o objetivo de estacionar, este agente fará a solicitação de vaga e caso tenha vaga ele irá estacionar seu veículo. Quando o Motorista quiser, pode solicitar a retirada de seu veículo e recebe do Gerente um ticket de pagamento. Ao transferir o valor do ticket, o Motorista informa o ID de transferência validado pelo próprio Gerente, com a validação feita a saída é liberada. Destaca-se que para o pagamento do ticket só é utilizado pagamento por valor, ou seja, apenas moedas digitais foram transicionadas.

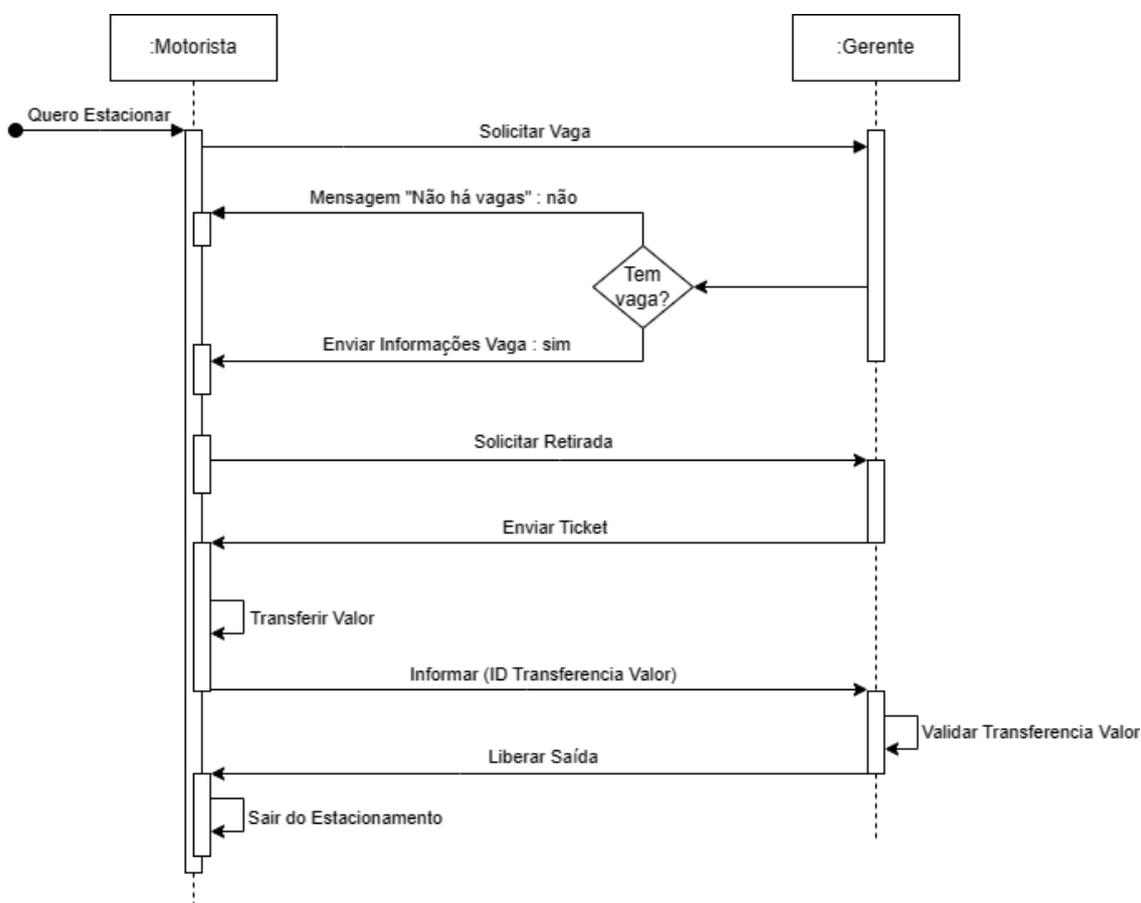


Figura 4. Cenário 1.

- Cenário 2:** No segundo cenário, tem-se a reserva de vaga, mostrada pela Fig. 5, onde o Motorista quer reservar uma vaga no estacionamento, para isso ele solicita a vaga ao Gerente passando o dia e o horário que ele deseja, ao ter uma vaga disponível o Gerente informa o valor a ser pago, tendo efetuado o pagamento o Motorista informa o ID da transferência feita. Quando recebido o ID da transferência, o Gerente gera a reserva referente a vaga, transfere e informa o ID de transferência da reserva para o Motorista, o mesmo valida essa transferência e assim obtém acesso à vaga reservada.

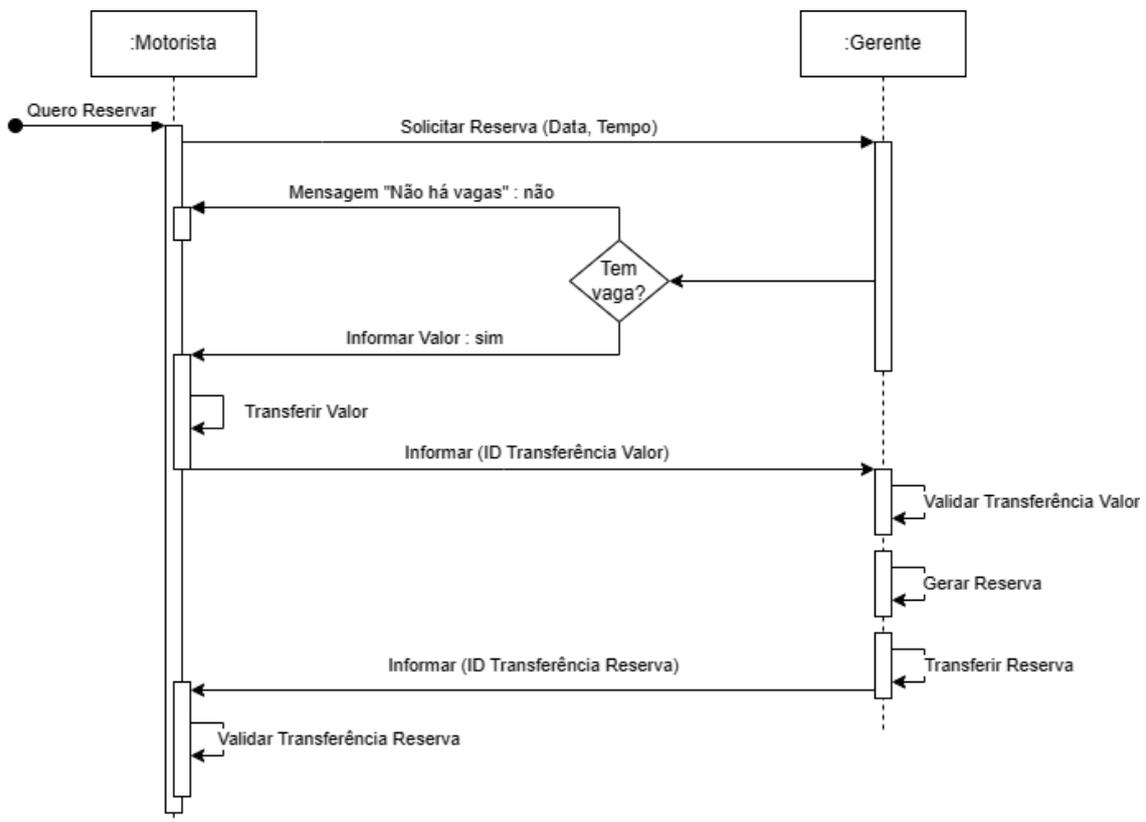


Figura 5. Cenário 2.

- Cenário 3:** O terceiro cenário representado nesta modelagem é descrito na Fig. 6, neste caso, o Motorista já tem uma reserva previamente feita e deseja usá-la. Ao chegar no estacionamento, o agente Motorista faz a transferência da reserva para o Gerente e informa o ID da transferência da reserva, quando é validado pelo Gerente, o acesso é liberado e é permitido estacionar. Quando o Motorista quiser ele pode solicitar a retirada, ao ocorrer a verificação se será necessário cobrar um valor extra por exceder o tempo estipulado na reserva, o Motorista pode tanto ser liberado para sair diretamente, quanto ter que transferir o valor e informar o ID desta transferência, uma vez que o Gerente validar a transferência o Motorista será liberado.
- Cenário 4:** No quarto cenário a negociação é feita diretamente entre dois agentes Motoristas, Motorista 1 e Motorista 2. O processo inicia-se com o objetivo de transferir uma reserva feita pelo Motorista 1 e a transferência sendo realizada pelo Motorista 2. O ID da transferência feita pelo Motorista 2 é passado e validado pelo Motorista 1, o mesmo, após a validação, transfere a reserva, ou seja, a reserva, para o outro motorista e logo a seguir informa o ID da transferência da reserva. Ao final o Motorista 2 valida a transferência da reserva.

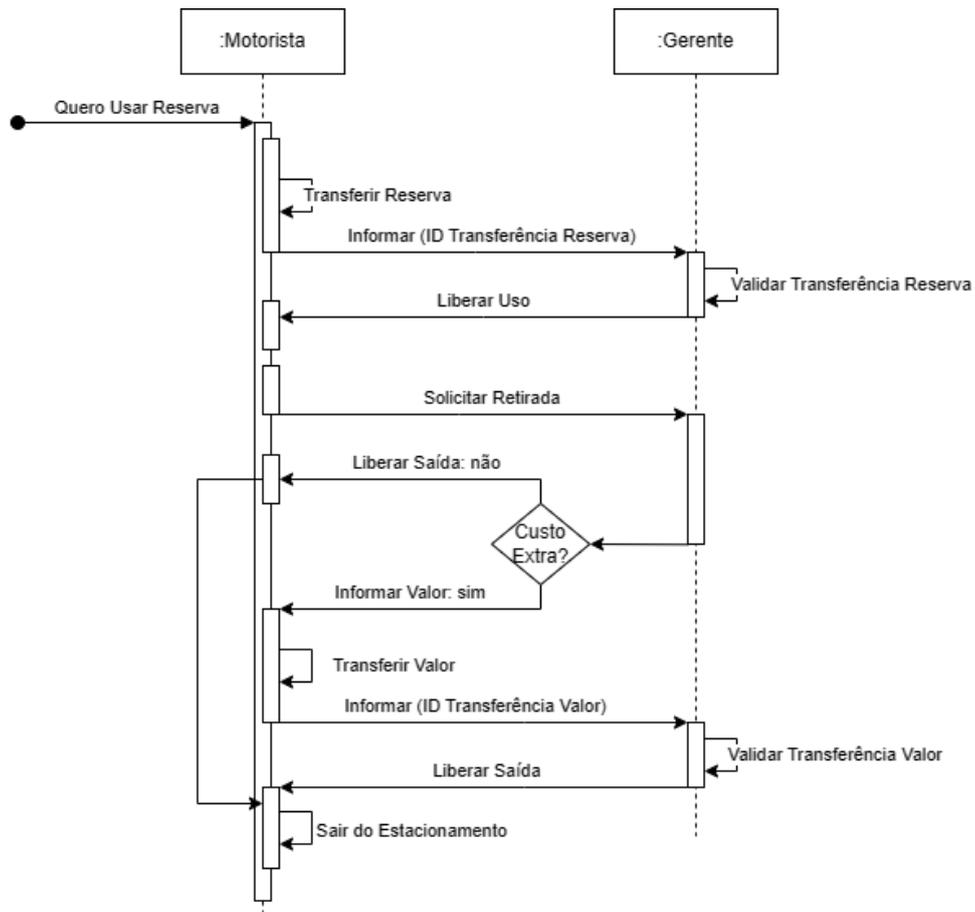


Figura 6. Cenário 3.

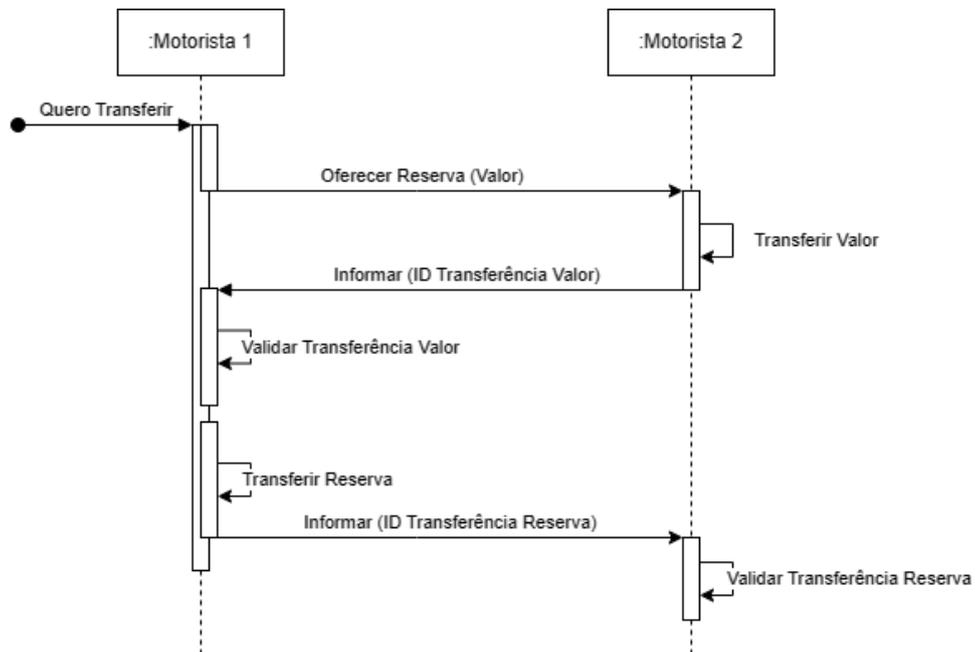


Figura 7. Cenário 4.

4. Conclusão

Neste trabalho foi descrito um mapeamento sistemático, o qual evidenciou uma lacuna de pesquisa na área de SMA BDI que usa ativos digitais em um ambiente de Smart Parking. Dessa forma, o artigo propõe uma modelagem de um SMA com agentes BDI e uso de ativos digitais para a negociação de vagas em um Smart Parking. Nessa modelagem também considera-se a utilização do *middleware* Velluscinum para implantar a comunicação com a *blockchain*, comunicação esta que traz maior segurança para as transações a serem executadas.

A modelagem proposta somada com os estudos selecionados no mapeamento, serão a base de pesquisa para futuros trabalhos, como a implementação dessa modelagem, que pode ser feita utilizando o framework de agentes JaCaMo [Boissier et al. 2016], já que o *middleware* a ser usado se dispõe do mesmo framework e é integrado ao BigChainDB [GmbH 2018]. Para essa implementação, será necessário o estudo a respeito de negociações entre agentes em Smart Parking, para identificar qual método é o mais adequado [Alves et al. 2019], e também o estudo de outros conceitos, por exemplo a precificação de vagas [Mellado et al. 2021] e a relação com grau de confiança dos agentes, como abordado em [Castro et al. 2017].

Referências

- Alves, B. R., Alves, G. V., Borges, A. P., and Leitão, P. (2019). Experimentation of Negotiation Protocols for Consensus Problems in Smart Parking Systems. In Mařík, V., Kadera, P., Rzevski, G., Zoitl, A., Anderst-Kotsis, G., Tjoa, A. M., and Khalil, I., editors, *Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*, Lecture Notes in Computer Science, pages 189–202, Cham. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-27878-6_15.
- Boissier, O., Hübner, J. F., and Ricci, A. (2016). The JaCaMo Framework. In Aldewereld, H., Boissier, O., Dignum, V., Noriega, P., and Padget, J., editors, *Social Coordination Frameworks for Social Technical Systems*, volume 30, pages 125–151. Springer International Publishing, Cham. Series Title: Law, Governance and Technology Series. DOI: 10.1007/978-3-319-33570-4_7.
- Bratman, M. (1987). *Intention, plans, and practical reason*. CSLI.
- Calvaresi, D., Calbimonte, J.-P., Dubovitskaya, A., Mattioli, V., Piguet, J.-G., and Schumacher, M. (2019). The good, the bad, and the ethical implications of bridging blockchain and multi-agent systems. *Information*, 10(12):363. DOI: 10.3390/info10120363.
- Calvaresi, D., Dubovitskaya, A., Retaggi, D., F. Dragoni, A., and Schumacher, M. (2018a). Trusted registration, negotiation, and service evaluation in multi-agent systems throughout the blockchain technology. In *2018 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI)*, pages 56–63. DOI: 10.1109/WI.2018.0-107.
- Calvaresi, D., Mattioli, V., Dubovitskaya, A., Dragoni, A. F., and Schumacher, M. (2018b). Reputation management in multi-agent systems using permissioned blockchain technology. In *2018 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI)*, page 719–725. DOI: 10.1109/wi.2018.000-5.

- Castro, L. F. S. D., Alves, G. V., and Borges, A. P. (2017). Using trust degree for agents in order to assign spots in a Smart Parking. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 6(2):45–55. DOI: 10.14201/ADCAIJ207624555.
- GmbH, B. (2018). BigchainDB 2.0 The Blockchain Database. <https://www.bigchaindb.com/whitepaper/>.
- Kitchenham, B. A. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.
- Lazarin, N. M., Coelho, I. M., Pantoja, C. E., and Viterbo, J. (2023). Velluscinum: A middleware for using digital assets in multi-agent systems. In Mathieu, P., Dignum, F., Novais, P., and De la Prieta, F., editors, *Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Cognitive Mimetics. The PAAMS Collection*, pages 200–212, Cham. Springer Nature Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-031-37616-0_17.
- Liu, S., Hennequin, S., and Roy, D. (2021). Enterprise platform of logistics services based on a multi-agents mechanism and blockchains. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1):825–830. DOI: 10.1016/j.ifacol.2021.08.097.
- Luo, F., Dong, Z. Y., Liang, G., Murata, J., and Xu, Z. (2019). A distributed electricity trading system in active distribution networks based on multi-agent coalition and blockchain. *IEEE Transactions on Power Systems*, 34(5):4097–4108. DOI: 10.1109/tpwrs.2018.2876612.
- Mellado, A., Alves, G. V., Leitão, P., and Borges, A. P. (2021). Um Módulo de Precificação Dinâmica em Sistema Multiagente de um Estacionamento Inteligente. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação*, 19(1). <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/reic/article/view/1779>.
- Mhamdi, H., Soufiene, B. O., Zouinkhi, A., Ali, O., and Sakli, H. (2022). Trust-based smart contract for automated agent to agent communication. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022:1–11. DOI: 10.1155/2022/5136865.
- Minarsch, D., Favorito, M., Hosseini, S. A., Turchenkov, Y., and Ward, J. (2022). Autonomous economic agent framework. In Alechina, N., Baldoni, M., and Logan, B., editors, *Engineering Multi-Agent Systems*, pages 237–253, Cham. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-97457-2_14.
- Papi, F. G., Hübner, J. F., and de Brito, M. (2022). A blockchain integration to support transactions of assets in multi-agent systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 107:104534. DOI: 10.1016/j.engappai.2021.104534.
- Rao, A. S. (1996). AgentSpeak(L): BDI agents speak out in a logical computable language. In Carbonell, J. G., Siekmann, J., Goos, G., Hartmanis, J., van Leeuwen, J., Van de Velde, W., and Perram, J. W., editors, *Agents Breaking Away*, volume 1038, pages 42–55. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. Series Title: Lecture Notes in Computer Science. DOI: 10.1007/BFb0031845.
- Song, Y., Gao, X., Li, P., and Yang, C. (2022). Resilience network controller design for multi-domain sdn: A bdi-based framework. In *2022 IEEE 95th Vehicular Technology Conference: (VTC2022-Spring)*, pages 1–5. DOI: 10.1109/VTC2022-Spring54318.2022.9860710.