

VISO-BASS: uma Estrutura de Persistência de Dados para Interações entre Objetos na Internet das Coisas Social

Grazziano Fagundes¹, Leandro Camargo¹, Ana Marilza Pernas¹, Adenauer Yamin¹

¹ Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas - RS, Brasil

{gbfagundes, leandro.camargo, marilza, adenauer}@inf.ufpel.edu.br

Resumo. A *Social Internet of Things (SIoT)* permite que objetos inteligentes estabeleçam interações sociais autônomicas, ampliando cooperação e descoberta de serviços. Entretanto, a persistência estruturada dos dados sociais ainda representa um desafio. Este trabalho apresenta o VISO-BASS, uma infraestrutura de persistência para armazenamento e reutilização de relações sociais em ambientes SIoT. A proposta complementa a abordagem VISO por meio de um modelo orientado a documentos integrado a uma API RESTful. Os resultados experimentais demonstram a viabilidade da solução na manutenção consistente dos dados sociais e no suporte a análises relacionais.

Abstract. The *Social Internet of Things (SIoT)* enables smart objects to autonomously establish social interactions, enhancing cooperation and service discovery. However, the structured persistence of social data remains a challenge. This paper presents VISO-BASS, a persistence infrastructure for storing and reusing social relationships in SIoT environments. The proposal extends the VISO approach through a document-oriented model integrated with a RESTful API. Experimental results demonstrate the feasibility of the solution in maintaining consistent social data and supporting relational analysis.

1. Introdução

A Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) evoluiu significativamente com o avanço das arquiteturas distribuídas, da comunicação sem fio e da capacidade computacional dos dispositivos, viabilizando aplicações em domínios como cidades inteligentes, monitoramento ambiental e gestão urbana [Zanella et al. 2020, Khan et al. 2022].

Nesse contexto, a *Social Internet of Things (SIoT)* amplia a IoT tradicional ao permitir que objetos estabeleçam relações sociais inspiradas em redes humanas, favorecendo cooperação, descoberta de serviços e escalabilidade das interações [Atzori et al. 2021, Benazzouz and Chehri 2023]. Entretanto, o crescimento do número de dispositivos e interações introduz desafios relacionados à organização e persistência dos dados sociais produzidos [Gupta and Khanna 2022, Alvarez and Berrocal 2021].

Abordagens recentes concentram-se em mecanismos de socialização, recomendação e análise relacional. Entre elas, destaca-se a abordagem VISO, baseada em virtualização de objetos e classificação de papéis sociais para organização de dispositivos em círculos sociais [Camargo et al. 2024]. Contudo, a persistência estruturada das relações sociais ainda é tratada de forma limitada.

Estudos recentes indicam que arquiteturas tradicionais de persistência não atendem adequadamente às características relacionais e dinâmicas da SIoT, especialmente em

cenários que demandam representação de grafos sociais e consultas relacionais complexas [Gao and Zhang 2022, Wang and Yu 2021, Li and Zhang 2023].

Com o objetivo de suprir essa lacuna, este trabalho apresenta o VISO-BASS (*VISO-Based API for Structured Storage*), uma infraestrutura de persistência voltada ao armazenamento, organização e reutilização de dados sociais em ambientes SIoT. A proposta adota um modelo orientado a documentos integrado a uma API RESTful, permitindo representar relações sociais, métricas e informações contextuais de forma estruturada [Dragoni and Giallorenzo 2022].

Ao separar a camada de persistência dos mecanismos de socialização, o VISO-BASS favorece modularidade, interoperabilidade e suporte a análises relacionais em ambientes inteligentes [Satyanarayanan 2021, Romano and Bedogni 2023]. As próximas seções apresentam a arquitetura da solução e a avaliação experimental conduzida para validar sua viabilidade operacional.

2. Arquitetura e Modelo de Dados do VISO-BASS

O VISO-BASS foi projetado para prover persistência estruturada dos dados sociais gerados em ambientes de *Social Internet of Things* (SIoT), considerando a natureza dinâmica das interações e a integração com mecanismos de socialização autônoma. A solução adota uma arquitetura baseada em serviços e um modelo orientado a documentos, favorecendo interoperabilidade, reutilização e escalabilidade dos dados persistidos.

A arquitetura do VISO-BASS reutiliza a organização em camadas da abordagem VISO, conforme ilustrado na Figura 1. Nesse contexto, a solução atua no nível de controle como componente responsável pela persistência e gerenciamento de interações, relações sociais e métricas associadas aos objetos virtualizados.

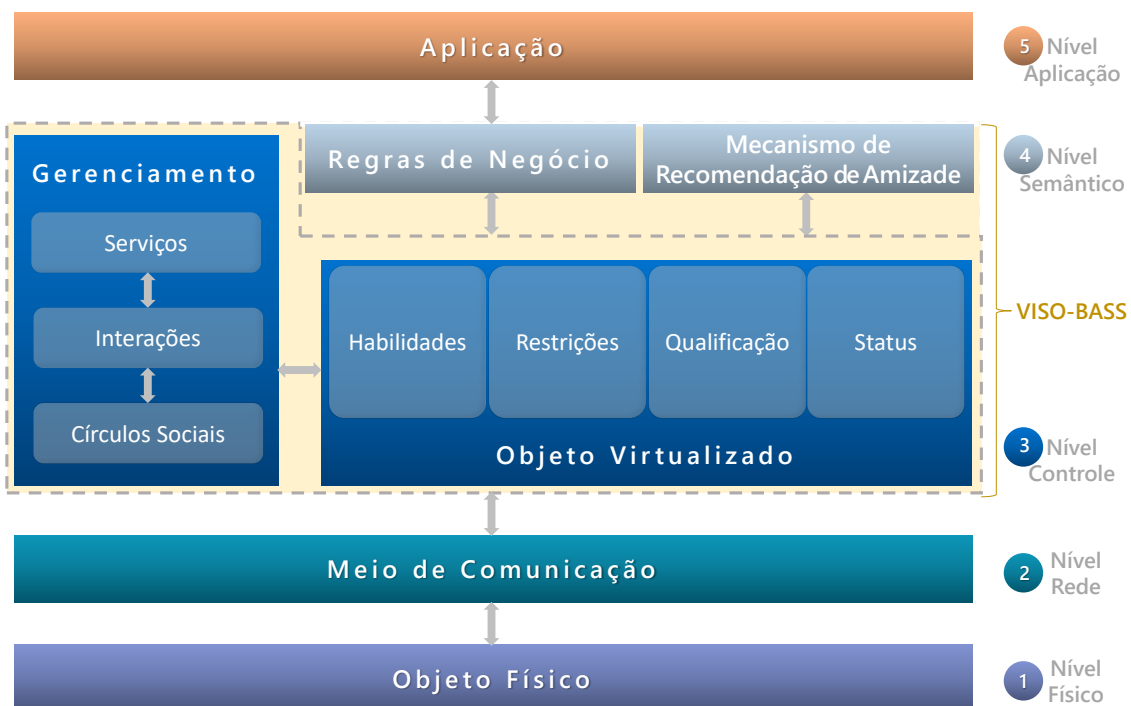


Figura 1. Arquitetura de integração da VISO com a VISO-BASS.

A integração entre persistência e mecanismos de socialização permite que funcionalidades de recomendação, classificação social e análise relacional operem sobre um repositório consistente, reduzindo redundâncias e reprocessamentos em cenários com elevado volume de interações.

O modelo de dados do VISO-BASS representa explicitamente objetos virtualizados, interações, métricas sociais e relacionamentos persistidos. A Tabela 1 resume as principais entidades utilizadas pela solução, suas finalidades e relacionamentos.

Tabela 1. Resumo das entidades persistidas no VISO-BASS

Entidade	Finalidade	Relacionamentos
Object	Representa dispositivos IoT virtualizados e seus atributos funcionais e sociais.	Interaction, Class, ONAEnvironment
Interaction	Registra serviços e interações realizadas entre objetos.	Object
Class	Agrupa objetos por características funcionais semelhantes.	Object
ONAEnvironment	Organiza objetos, métricas sociais e dados do ambiente.	Object
PageRankFriendship	Armazena métricas de relevância e adjacência social.	Object
Owner	Representa usuários responsáveis pelos objetos e ambientes.	Object

Nesse modelo, cada objeto físico possui um correspondente virtual contendo atributos funcionais, restrições e informações sociais. As interações registradas originam relações qualificadas por métricas como relevância, confiança e frequência.

As relações sociais são persistidas como entidades estruturadas contendo referências aos objetos envolvidos, tipo de relacionamento e métricas associadas, permitindo aplicação direta de técnicas de análise de redes, como cálculo de centralidade e identificação de objetos influentes.

A estrutura proposta reduz o acoplamento entre persistência e mecanismos de socialização, além de permitir incorporação incremental de novas métricas e tipos de relacionamento sem alterações estruturais na arquitetura. A próxima seção apresenta a avaliação experimental realizada para analisar o comportamento operacional da solução.

3. Avaliação Experimental

A avaliação experimental analisa a viabilidade do VISO-BASS no suporte à persistência estruturada de dados sociais em ambientes SIoT, considerando o crescimento do volume de interações e relações sociais ao longo do tempo.

Os experimentos foram conduzidos em um ambiente inteligente simulado derivado da abordagem VISO, no qual objetos virtualizados representam dispositivos IoT capazes de solicitar e oferecer serviços. As interações realizadas são registradas pelo VISO-BASS como eventos estruturados que originam relações sociais qualificadas por métricas associadas ao histórico de interação.

A validação utilizou o *dataset* SmartSantander [Sanchez et al. 2014], amplamente empregado em pesquisas de IoT por representar ambientes urbanos com alta densidade de dispositivos heterogêneos. Os dados foram modelados conforme a estrutura da abordagem VISO, contemplando objetos, interações e ambientes ONA.

Foram executados testes de inserção, consulta e recuperação de dados para avaliar consistência estrutural, adaptabilidade do modelo e representação das relações sociais. Os resultados demonstraram que a arquitetura acomodou o crescimento e a heterogeneidade dos dados sem alterações estruturais, mantendo consistência nas consultas realizadas. A Tabela 2 resume os dados persistidos em diferentes execuções do cenário experimental.

Tabela 2. Resumo dos dados sociais persistidos pelo VISO-BASS

Objetos	Interações	Relações	Registros
50	1.200	320	1.520
100	3.800	890	4.690
200	9.600	2.140	11.740

Observa-se crescimento consistente dos registros persistidos conforme aumenta o número de interações no ambiente, indicando capacidade de organização e recuperação dos dados sociais sem perda de consistência. Além disso, a persistência estruturada permitiu reutilizar diretamente os dados em mecanismos de análise de redes, como cálculo de relevância e identificação de objetos centrais, evitando reprocessamento das interações brutas.

Como apoio à validação prática da proposta, foi desenvolvida uma interface desacoplada da camada de persistência e integrada à API por meio de serviços padronizados. A integração entre persistência e interface gráfica permitiu validar visualmente a organização das entidades e relações sociais, demonstrando coerência entre o modelo conceitual e sua implementação prática.

3.1. Análise Operacional da Persistência Social

Além do armazenamento estruturado das interações, o VISO-BASS fornece uma infraestrutura capaz de sustentar mecanismos analíticos e processos de socialização sobre dados previamente persistidos. Diferentemente de abordagens tradicionais de SIoT, nas quais interações são tratadas como eventos transitórios, a proposta preserva relações sociais e métricas associadas como entidades persistentes e reutilizáveis.

A persistência estruturada reduz a necessidade de reprocessamento das interações a cada nova consulta ou operação analítica. Dessa forma, mecanismos de recomendação, classificação social e análise de redes podem acessar diretamente informações previamente organizadas, reduzindo sobrecarga computacional e favorecendo escalabilidade lógica em cenários com grande volume de dispositivos e relações sociais.

Outro aspecto relevante refere-se ao suporte a análises temporais e relacionais. Como o histórico das interações permanece persistido, torna-se possível identificar padrões de comportamento, frequência de comunicação entre objetos e evolução das relações sociais ao longo do tempo. Essa característica amplia o potencial de utilização do VISO-BASS em aplicações de monitoramento contínuo e apoio à tomada de decisão baseada em contexto social.

A separação entre mecanismos de socialização e camada de persistência favorece modularidade arquitetural, permitindo que algoritmos de recomendação e análise relacional evoluam independentemente da infraestrutura de armazenamento.

Do ponto de vista operacional, o VISO-BASS diferencia-se de abordagens tradicionais de gerenciamento de dados em SIoT por tratar relações sociais como elementos persistentes da infraestrutura do ambiente, e não apenas como resultados temporários de processamento. Essa característica consolida uma base reutilizável de conhecimento social capaz de sustentar mecanismos analíticos, inferências relacionais e consultas históricas em ambientes inteligentes de maior escala. A Tabela 3 resume os principais impactos operacionais observados com a utilização do VISO-BASS.

Tabela 3. Impacto operacional da persistência estruturada no VISO-BASS

Aspecto	Contribuição do VISO-BASS
Persistência histórica	Preserva relações sociais para análises temporais e reutilização.
Consultas	Recupera métricas sociais sem reprocessar interações.
Desacoplamento arquitetural	Separa mecanismos de socialização da camada de persistência.
Escalabilidade lógica	Mantém organização estrutural com ampliação das interações.
Reutilização analítica	Viabiliza uso direto dos dados por algoritmos analíticos.

Os resultados indicam que a utilização de uma camada especializada de persistência contribui não apenas para armazenamento dos dados sociais, mas também para consolidação de uma infraestrutura capaz de apoiar processos analíticos e decisórios em ambientes SIoT. Esses resultados subsidiam as conclusões apresentadas na próxima seção.

4. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou o VISO-BASS, uma infraestrutura de persistência estruturada para dados sociais em ambientes de *Social Internet of Things* (SIoT). A proposta complementa a abordagem VISO ao tratar relações sociais como entidades persistentes, permitindo armazenamento, organização e reutilização de interações entre objetos. Os resultados experimentais demonstraram a viabilidade da solução na manutenção consistente de relações sociais em cenários com crescimento contínuo de interações, permitindo reutilização direta dos dados persistidos por mecanismos analíticos e processos de socialização sem necessidade de reprocessamento.

Além da persistência dos dados sociais, o VISO-BASS consolida uma camada especializada para suporte a análises relacionais e temporais em ambientes SIoT. Ao preservar relações sociais, métricas e histórico de interações de forma estruturada, a solução amplia o potencial de reutilização analítica dos dados e favorece a integração com mecanismos de recomendação, inferência social e análise de redes.

Do ponto de vista arquitetural, a separação entre persistência e mecanismos de socialização favorece modularidade, desacoplamento e evolução incremental da solução, contribuindo para o gerenciamento eficiente de grandes volumes de interações em ambientes inteligentes distribuídos.

Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar o comportamento da proposta em cenários de maior escala, bem como investigar integração com técnicas avançadas de análise de redes e aprendizado de máquina aplicadas aos dados sociais persistidos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Declaração sobre o Uso de Inteligência Artificial

Declaramos que foi utilizada a ferramenta de IA Generativa ChatGPT exclusivamente para auxiliar na revisão gramatical. Ressalta-se que todo o texto gerado e resultados obtidos são provenientes única e exclusivamente da pesquisa desenvolvida pelos autores.

Referências

- Alvarez, F. and Berrocal, J. (2021). Scalability challenges in large-scale iot and siot systems. *Future Internet*, 13(6):148.
- Atzori, L., Iera, A., and Morabito, G. (2021). The social internet of things: Recent advances and future challenges. *Computer Networks*, 199:108493.
- Benazzouz, Y. and Chehri, A. (2023). Social internet of things: Concepts, architectures and challenges. *Sensors*, 23(3):1321.
- Camargo, L., Pauletti, J., Pernas, A. M., and Yamin, A. (2024). Viso approach: A socialization proposal for the internet of things objects. *Future Generation Computer Systems*, 150:326–340.
- Dragoni, N. and Giallorenzo, S. (2022). Microservices: Yesterday, today, and tomorrow. *Present and Ulterior Software Engineering*, pages 195–216.
- Gao, Z. and Zhang, P. (2022). Iot data management: A survey. *ACM Computing Surveys*, 55(8):1–36.
- Gupta, D. and Khanna, A. (2022). Trust management in social internet of things: A survey. *IEEE Access*, 10:35641–35658.
- Khan, R., Khan, S., and Ali, R. (2022). Future internet: The internet of things architecture, possible applications and key challenges. *Future Generation Computer Systems*, 130:103–119.
- Li, X. and Zhang, Y. (2023). Data management challenges in social internet of things. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(14):12490–12502.
- Romano, D. and Bedogni, L. (2023). Green computing in iot systems: Challenges and opportunities. *IEEE Access*, 11:22110–22128.
- Sanchez, L., Muñoz, L., Galache, J. A., Sotres, P., Santana, J. R., Gutierrez, V., Ramdhany, R., Gluhak, A., Krco, S., Theodoridis, E., et al. (2014). Smartsantander: Iot experimentation over a smart city testbed. *Computer networks*, 61:217–238.
- Satyanarayanan, M. (2021). Edge computing: The next generation. *IEEE Computer*, 54(5):30–38.
- Wang, H. and Yu, W. (2021). Graph-based data modeling for internet of things applications. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 8(4):2904–2916.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., and Vangelista, L. (2020). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(10):9154–9170.