

GUSTAVO TSUYOSHI ARIGA

## **Integração do WoTPy com Grafos de Conhecimento**

São Paulo, SP

2023

GUSTAVO TSUYOSHI ARIGA

## **INTEGRAÇÃO DO WOTPY COM GRAFOS DE CONHECIMENTO**

Plano de atividades apresentado como parte dos requisitos necessários para cumprimento da disciplina ACH2017 ou ACH2018 - Projeto Supervisionado ou de Graduação I ou II.

Orientador: Professores Fábio Nakano e José de Jesús Pérez-Alcázar

São Paulo, SP

2023

# 1 RESUMO

A acelerada expansão da Internet das Coisas (IoT) tem impulsionado a demanda por plataformas e ferramentas que garantam uma comunicação integrada e transparente entre dispositivos oriundos de distintos fabricantes. O WoTPy [García Mangas e Suárez Alonso \(2019\)](#), um *gateway* experimental fundamentado no padrão W3C-WoT [Lagally et al. \(2023\)](#), manifesta-se como uma resposta saliente a essa necessidade. No primeiro semestre de 2023, o projeto concentrou-se meticulosamente na internalização e implementação das bases fundamentais do WoTPy, abordando as rigorosas especificações do W3C-WoT, a criteriosa seleção e análise de bibliotecas correlatas, a solução de obstáculos associados à instalação e a metódica validação das contribuições realizadas.

Para o segundo semestre de 2023, propõe-se uma ampliação robusta das funcionalidades intrínsecas ao WoTPy, direcionando esforços para sua integrada relação com grafos de conhecimento. Tais grafos, estruturas de dados consagradas por modelar, representar e inquirir informações de natureza complexa, detêm o potencial de elevar significativamente a capacidade de interoperabilidade na esfera da IoT. Através da amalgamação do WoTPy com esses grafos, aspira-se engendrar um sistema em que os dispositivos, além de estabelecerem comunicação, possam contextualizar e interpretar dados com uma sofisticação sem precedentes.

Salienta-se, como ponto nevrálgico desta etapa, a implementação de um endpoint SPARQL [RDFLib \(2022\)](#) – linguagem de consulta estandardizada para bases de dados que empregam grafos de conhecimento. Esta implementação propiciará que usuários e profissionais do setor realizem consultas acerca das capacidades dos sensores, suas respectivas observações e as inter-relações entre distintos dispositivos de maneira padronizada e intuitiva.

Esta sofisticada integração visa catapultar o WoTPy ao patamar de ferramenta essencial à comunidade IoT, transcendendo a mera comunicação entre dispositivos. Enfatiza-se a busca por uma compreensão mais profunda e contextualizada dos dados, facilitando assim o desenvolvimento de aplicações IoT dotadas de maior inteligência, adaptabilidade e relevância contextual. Consequentemente, o projeto para o segundo semestre aspira consolidar o WoTPy não apenas como uma ferramenta de integração, mas como um instrumento primordial para a decodificação e acessibilidade do vasto universo da IoT para pesquisadores, desenvolvedores e usuários finais.

## 2 PALAVRAS CHAVES

Internet das Coisas (IoT), Web das Coisas (WoT), World Wide Web Consortium (W3C), WoTPy, Grafos de Conhecimento, Endpoint SPARQL.

### 3 MODALIDADE

- ( ) Trabalho de Graduação Curto – 1 semestre - individual
- ( ) Trabalho de Graduação Longo (parte 1) – 1 ano – individual
- (x) Trabalho de Graduação Longo (parte 2) – 1 ano - individual
- ( ) Trabalho de Graduação Curto – 1 semestre – grupo
- ( ) Trabalho de Graduação Longo (parte 1) – 1 ano – grupo
- ( ) Trabalho de Graduação Longo (parte 2) – 1 ano - grupo

## 4 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A "Web das Coisas" é um termo que representa a integração de sensores, atuadores, objetos físicos e seres humanos usando tecnologias web (GROUP, 2015b), (GROUP, 2015a). O W3C define e promove padrões para a Web das Coisas, enfatizando interoperabilidade e o uso de tecnologias populares como HTTP e JavaScript.

A principal questão é como conectar diferentes redes e dispositivos. O W3C, com contribuições de empresas e pesquisadores, trabalha na criação de padrões para a Web das Coisas, visando uma abordagem amplamente aceita e duradoura (STIRBU, 2008) (GYRARD et al., 2017). (García Mangas; Suárez Alonso, 2019), (TZAVARAS et al., 2021).

É evidente a necessidade de dispositivos que façam a ponte entre redes internas e a Internet, comumente referidos como "gateways". Esses dispositivos desempenham um papel crucial na interoperabilidade, segurança de dados e interação com o usuário (STIRBU, 2008), (GYRARD et al., 2017), (García Mangas; Suárez Alonso, 2019).

A Semantic Web of Things (SWoT) representa uma inovação notável, situada na confluência da Internet das Coisas (IoT) e da Web Semântica (SHETH; HENSON; SAHOO, 2008). A plena compreensão do impacto e dos princípios fundamentais dessa combinação exige uma exploração separada de suas componentes subjacentes: IoT e Web Semântica.

A IoT refere-se à integração de dispositivos e objetos do dia a dia à rede mundial, conferindo-lhes inteligência e conectividade (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Esta revolução tecnológica permite que tais dispositivos colem, transmitam e atuem com base em dados do ambiente circundante, tudo sem intervenção humana direta (VERMESAN; FRIESS, 2013). No entanto, a diversidade de dispositivos, padrões e fabricantes na IoT introduz complexidades, principalmente quanto à interoperabilidade.

Por outro lado, a Web Semântica, uma evolução da web atual, ambiciona tornar as informações online acessíveis não apenas a humanos, mas também a máquinas (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001). Por meio de padrões como RDF e OWL, esta tecnologia descreve conceitos, relações e significados (ANTONIOU; HARMELEN, 2004). A visão é que os dados na web sejam complementados com metainformações semânticas, permitindo um processamento e compreensão mais profundos por parte das máquinas.

É nesse cenário que o SWoT ganha relevância, propondo-se a superar desafios de interoperabilidade na IoT, utilizando os princípios e técnicas da Web Semântica (BARNAGHI; SHETH; HENSON, 2013). Integrando semântica aos dispositivos da IoT, passamos a ter uma descrição mais precisa não apenas dos dados gerados, mas também dos serviços ofertados, capacidades e relações entre dispositivos, tudo de forma padronizada e máquina-legível.

## 5 OBJETIVOS

O presente relatório delinea metas meticulosamente articuladas, destinadas a serem atingidas ao longo do segundo semestre de 2023. Com a intenção de promover uma evolução significativa no WoTPy, o conjunto de objetivos apresentados busca atender às necessidades emergentes e multifacetadas da comunidade IoT. A seguir, detalham-se o objetivo geral e os objetivos específicos propostos:

### 5.1 Objetivo Geral

Refinar e expandir as capacidades do WoTPy, viabilizando sua integração avançada com grafos de conhecimento, visando posicioná-lo como uma ferramenta insuperável, capaz de responder de forma mais sofisticada às demandas da comunidade IoT.

### 5.2 Objetivo Específico

- Exploração Detalhada de Grafos de Conhecimento
  - Profundar a investigação acadêmica sobre grafos de conhecimento, com ênfase em suas potenciais aplicações no âmbito da IoT.
  - Adquirir proficiência nas tecnologias emergentes e padrões estabelecidos relacionados a grafos de conhecimento e SPARQL.
- Integração entre o Grafo de Conhecimento e o WoTPy
  - Concretizar a fusão do WoTPy com sistemas de grafos de conhecimento, estabelecendo um mecanismo robusto que facilite consultas e operações avançadas.
- Desenvolvimento do Endpoint SPARQL
  - Adaptar o WoTPy para acolher e processar eficientemente consultas SPARQL, otimizando o acesso, manipulação e interpretação dos dados armazenados.
  - Certificar que a plataforma possa recuperar, de forma ágil e precisa, informações pertinentes sobre sensores e respectivas observações.
- Testes e Validação
  - Submeter as inovações implementadas a testes em cenários reais, assegurando sua funcionalidade, resiliência e escalabilidade.
- Documentação
  - Providenciar documentação e exemplo prático, fortalecendo a capacidade de desenvolvedores e usuários em explorar plenamente as novas funcionalidades.

## 6 RELEVÂNCIA OU JUSTIFICATIVA

A revolução digital atual evidencia uma transição notável de um mundo conectado para um universo hiperconectado, impulsionado pela proliferação da Internet das Coisas (IoT). Neste contexto, a capacidade de garantir que dispositivos e sistemas heterogêneos conversem entre si torna-se uma necessidade imperativa, e não apenas um luxo.

A demanda emergente por uma integração eficiente, conforme indicada por [Stirbu \(2008\)](#) e [Gyrard et al. \(2017\)](#), coloca em destaque o desafio da interoperabilidade. Isso é ainda mais premente à luz dos desafios identificados em estudos como [García Mangas e Suárez Alonso \(2019\)](#) e as diretrizes propostas por [\(TZAVARAS et al., 2021\)](#).

No âmago deste trabalho, o WoTPy surge como um catalisador para uma integração mais fluida no domínio da IoT. Oferecendo uma estrutura arquitetônica coesa e padronizada, a proposta transcende os constrangimentos tradicionais associados à diversidade de fabricantes, levando a uma visão unificada e harmonizada para aplicações e sistemas IoT. Em essência, isso não apenas facilita a implementação técnica, mas também amplifica o impacto social da IoT, democratizando seu acesso e uso.

Este trabalho, portanto, traz à tona benefícios tangíveis:

- Uma ampliação da usabilidade do WoTPy, tornando-o uma solução mais abrangente e amigável para diferentes públicos;
- A disposição de recursos didáticos, como documentação e exemplos práticos, para aprimorar o entendimento e a adoção do WoTPy.

Ao refletirmos sobre os potenciais beneficiários deste projeto, percebemos a universalidade de sua aplicação. Desde fabricantes de dispositivos IoT que aspiram por uma integração mais simplificada, passando por desenvolvedores e engenheiros dedicados à inovação, até organizações empresariais e instituições acadêmicas, a gama de partes interessadas é vasta e diversificada.



## 7 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para este projeto foi projetada para garantir uma pesquisa robusta, um desenvolvimento sistemático e uma implementação eficaz da integração do WoTPy com grafos de conhecimento. A abordagem metodológica proposta é estruturada em etapas sequenciais, garantindo que cada fase do projeto seja rigorosamente executada, resultando em um trabalho consistente e confiável.

### 7.1 Revisão Bibliográfica

**Objetivo:** Compreender a literatura atual em torno da Web das Coisas (WoT), WoTPy e grafos de conhecimento.

- Identificação e seleção de publicações, artigos, conferências e padrões relevantes.
- Análise crítica da literatura para identificar lacunas, tendências e desafios.
- Síntese das informações para formar uma base sólida para o desenvolvimento do projeto.

### 7.2 Análise de Requisitos

**Objetivo:** Definir os requisitos específicos para a integração do WoTPy com grafos de conhecimento.

- Realizar entrevistas e discussões com especialistas da área e stakeholders.
- Elaborar questionários para identificar as necessidades específicas dos usuários.
- Consolidar os requisitos coletados e priorizá-los.

### 7.3 Projeto da Arquitetura

**Objetivo:** Desenhar a arquitetura da solução, considerando as necessidades e limitações identificadas.

- Definir as principais componentes e suas inter-relações.
- Especificar padrões, protocolos e ferramentas a serem utilizados.
- Produzir diagramas arquiteturais detalhados e documentação associada.

### 7.4 Desenvolvimento e Implementação

**Objetivo:** Codificar e implementar a solução proposta, baseando-se na arquitetura definida.

- Estabelecer um ambiente de desenvolvimento colaborativo e versionado.
- Implementar funcionalidades de acordo com os requisitos definidos.
- Realizar testes unitários e de integração contínuos para assegurar a qualidade do código.

## 7.5 Validação e Testes

**Objetivo:** Garantir que a solução atende às necessidades identificadas e funciona como esperado.

- Definir cenários de teste e criar casos de teste específicos.
- Executar testes em diferentes ambientes e configurações.
- Recolher feedback e realizar ajustes conforme necessário.

## 7.6 Documentação e Divulgação

**Objetivo:** Assegurar que a solução seja compreendida, adotada e amplamente disseminada.

- Preparar documentação detalhada, abrangendo aspectos técnicos e de uso.
- Desenvolver tutoriais e exemplos práticos.
- Promover a solução em conferências, workshops e fóruns relevantes.

A metodologia acima será acompanhada de reuniões regulares de revisão, para avaliar o progresso, identificar desafios e realinhar estratégias conforme necessário. A abordagem iterativa e incremental permitirá ajustes e refinamentos contínuos.

## 8 RESULTADOS ESPERADOS

O projeto visa integrar WoTPy com grafos de conhecimento, buscando promover uma melhor interoperabilidade entre dispositivos IoT de diferentes fabricantes e potencializar a eficácia na comunicação e integração destes dispositivos. Neste contexto, os resultados esperados são multifacetados, abrangendo aspectos técnicos e aplicativos.

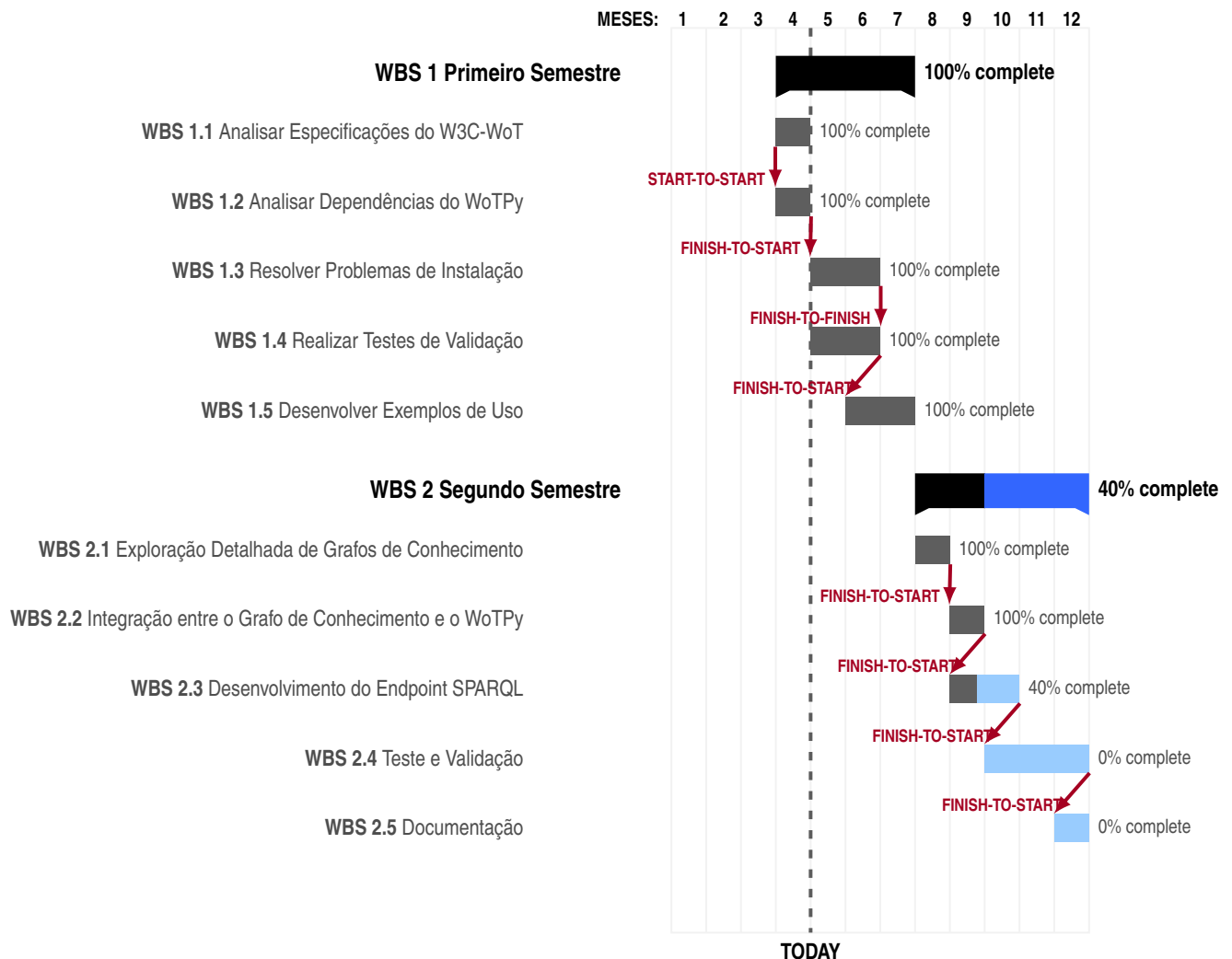
### 8.1 Contribuições Técnicas

- **Integração Efetiva:** A conclusão bem-sucedida da integração do WoTPy com sistemas de grafos de conhecimento, resultando em uma solução robusta e estável.
- **Desenvolvimento de Endpoint SPARQL:** Implementação de um endpoint SPARQL eficiente, permitindo consultas dinâmicas sobre capacidades de sensores e suas observações.
- **Documentação Detalhada:** Disponibilização de documentação técnica abrangente, garantindo que os desenvolvedores possam entender, adotar e estender a solução proposta.

### 8.2 Aplicações e Usabilidade

- **Interoperabilidade Aprimorada:** Dispositivos IoT de diferentes fabricantes poderão se comunicar e integrar de maneira mais eficiente, impulsionando a criação de sistemas IoT unificados.
- **Aplicações Semânticas:** A capacidade de explorar os benefícios da Web Semântica na IoT, possibilitando o desenvolvimento de aplicações mais inteligentes, personalizadas e contextuais.
- **Exemplo Prático:** Disponibilização de exemplo prático que demonstra o potencial e as capacidades da solução, facilitando sua adoção em projetos reais.

## 9 CRONOGRAMA



Ao dar início ao segundo semestre, será promovida uma revisão metódica da literatura pertinente que envolve a Web das Coisas (WoT), WoTPy e grafos de conhecimento (5.2). Esta revisão tem por objetivo consolidar o entendimento teórico, garantindo assim uma base sólida para as etapas subsequentes. Subsequentemente, será implementado o processo de integração do WoTPy com os grafos de conhecimento (5.2), visando uma harmonização eficaz entre estas duas ferramentas essenciais.

Posteriormente, a atenção será dirigida ao desenvolvimento do endpoint SPARQL (5.2), assegurando uma interface robusta e eficiente para consultas.

Ao nos aproximarmos do encerramento do segundo semestre, uma série de testes e validações será conduzida com o intuito de certificar que a solução elaborada atenda de forma precisa às necessidades previamente estabelecidas (5.2). Por fim, será redigida uma documentação detalhada e rigorosa, garantindo que os usuários e interessados possam compreender, implementar e se beneficiar da solução proposta (5.2).

# REFERÊNCIAS

- ANTONIOU, G.; HARMELEN, F. *A Semantic Web Primer*. 2004. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/A-semantic-web-primer-Antoniou-Harmelen/cb700d53e6be65063d0523b4beba317edaf68bb9c>>. Citado na página 5.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. *The Internet of Things: A survey*. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128610001568>>. Citado na página 5.
- BARNAGHI, P.; SHETH, A.; HENSON, C. *From Data to Actionable Knowledge: Big Data Challenges in the Web of Things*. 2013. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6733221c>>. Citado na página 5.
- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. *The Semantic Web*. 2001. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/225070375\\_The\\_Semantic\\_Web\\_A\\_New\\_Form\\_of\\_Web\\_Content\\_That\\_is\\_Meaningful\\_to\\_Computers\\_Will\\_Unleash\\_a\\_Revolution\\_of\\_New\\_Possibilities](https://www.researchgate.net/publication/225070375_The_Semantic_Web_A_New_Form_of_Web_Content_That_is_Meaningful_to_Computers_Will_Unleash_a_Revolution_of_New_Possibilities)>. Citado na página 5.
- García Mangas, A.; Suárez Alonso, F. J. Wotpy: A framework for web of things applications. *Computer Communications*, v. 147, p. 235–251, 2019. ISSN 0140-3664. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366419304633>>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 5 e 7.
- GROUP, W. W. of T. C. *Main Page*. 2015. Disponível em: <[https://www.w3.org/community/wot/wiki/Main\\_Page#What\\_is\\_the\\_Web\\_of\\_Things.3F](https://www.w3.org/community/wot/wiki/Main_Page#What_is_the_Web_of_Things.3F)>. Acesso em: 29 de março de 2023. Citado na página 5.
- GROUP, W. W. of T. I. *Terminology*. 2015. Disponível em: <<https://www.w3.org/WoT/IG/wiki/Terminology>>. Acesso em: 29 de março de 2023. Citado na página 5.
- GYRARD, A. et al. Semantic web meets internet of things and web of things: [2nd edition]. In: *Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion*. Republic and Canton of Geneva, CHE: International World Wide Web Conferences Steering Committee, 2017. (WWW '17 Companion), p. 917–920. ISBN 9781450349147. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3041021.3051100>>. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 7.
- LAGALLY, M. et al. *Web of Things (WoT) Architecture 1.1*. 2023. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/wot-architecture>>. Acesso em: 06 de abril de 2023. Citado na página 2.
- RDFLIB. *SPARQL Endpoint interface to Python*. 2022. Disponível em: <<https://sparqlwrapper.readthedocs.io/en/latest/>>. Citado na página 2.
- SHETH, A.; HENSON, C.; SAHOO, S. *Semantic Sensor Web*. 2008. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Semantic-Sensor-Web-Sheth-Henson/c2165995eb8f40ca27fd56ae92cd79185780270c>>. Citado na página 5.
- STIRBU, V. Towards a restful plug and play experience in the web of things. In: *2008 IEEE International Conference on Semantic Computing*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 512–517. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 7.
- TZAVARAS, A. et al. Openapi thing descriptions for the web of things. In: *2021 IEEE 33rd International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1384–1391. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 7.
- VERMESAN, O.; FRIESS, P. *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. 2013. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Internet-of-Things%3A-Converging-Technologies-for-and-Vermesan-Friess/b8bdf7c65931129a85300c9740ca696ea5460e3d>>. Citado na página 5.