

# A Rapid-Prototyping Environment for Integrated Edge/Fog-DLT Systems



Antonio Augusto T. R. Coutinho

**Orientador:**

Fabíola Greve (Orientadora)



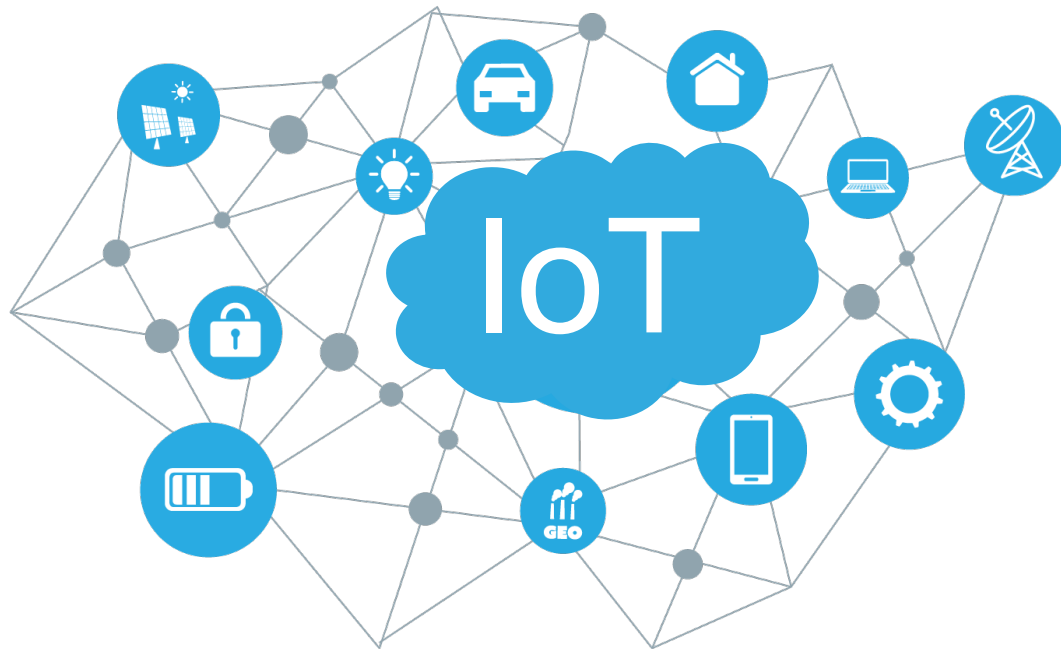
# A Rapid-Prototyping Environment for Integrated Edge/Fog-DLT Systems

Nome	Antonio Augusto Teixeira Ribeiro Coutinho
Curso	Doutorado
Orientador	Fabíola Greve
Ingresso	Novembro/2016
Qualificação	Fevereiro/2023
Defesa	Agosto/2023
Bolsista?	Não

# Roteiro da Apresentação

- Introdução - Tema da Pesquisa
- Motivação
- Problema
- Metodologia
- Soluções Propostas
- Resultados
- Andamento do Trabalho
- Produção Atual

# Introdução - Tema da Pesquisa



## Modelo de Nuvem IoT

- A Forneceu uma solução conveniente para a criação de aplicativos e serviços na Internet
- O modelo de Nuvem atendeu muito bem os requisitos das aplicações iniciais da IoT

## Alguns problemas do modelo atual

- As experiências dos usuários com as plataformas convencionais baseadas na nuvem são limitadas
- Dispositivos IoT atuais possuem funcionalidade limitada e são vulneráveis à ataques



# Novas Soluções para IoT

- [Khan e Salah 2018] e [Hassija et al. 2019]
  - A Tecnologia Blockchain [Greve 2018]
  - Computação em Borda [Satyanarayanan 2017]
  - Computação em Névoa [Bonomi et al. 2012]

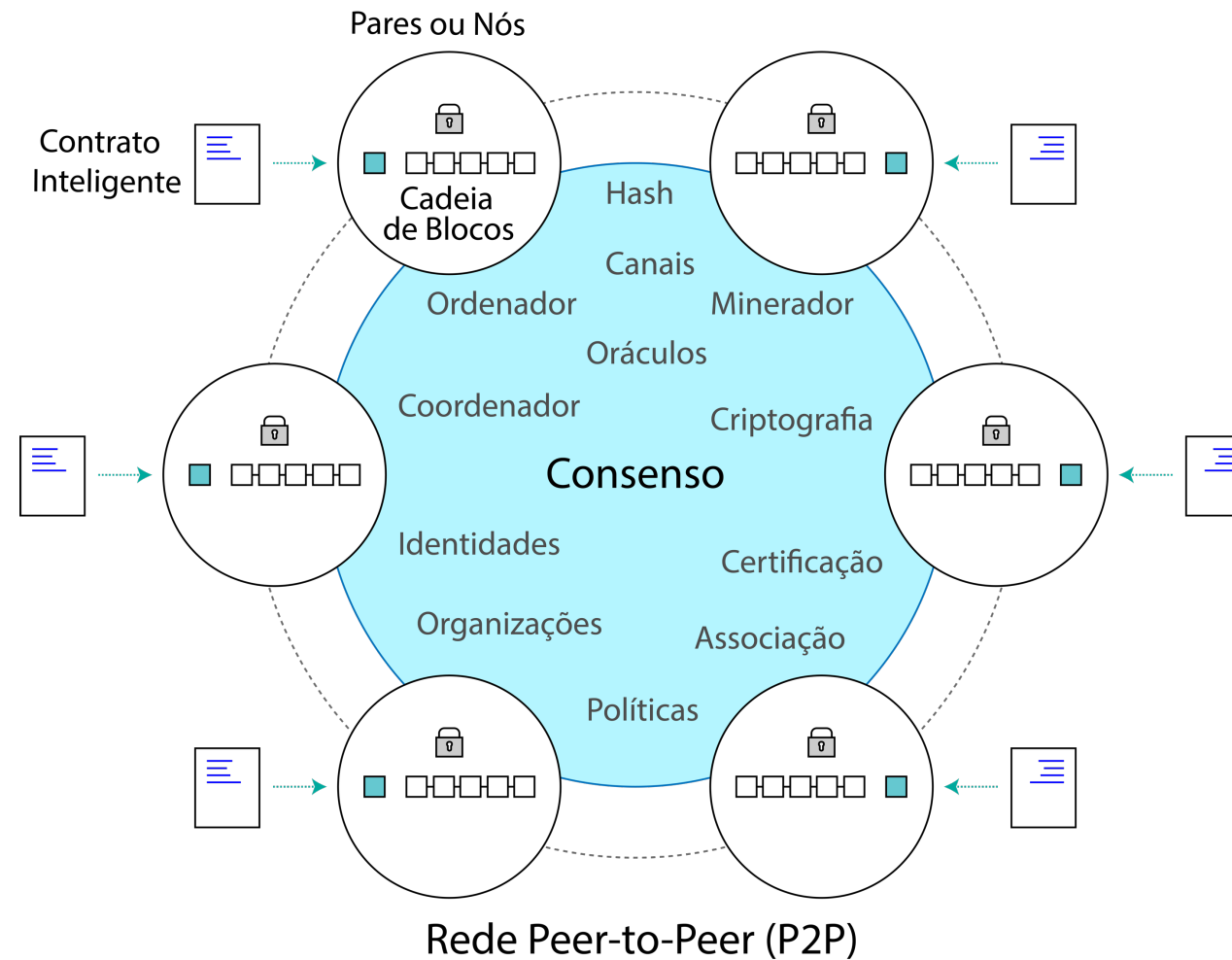
# Tecnologia Blockchain

- *Distributed Ledger Technologies (DLT)* [Greve 2018]
  - A Blockchain é uma rede distribuída *Peer-to-Peer* (P2P)
  - Rede mantém um histórico de transações distribuídas
  - Transações são passíveis de validação e auditoria
  - Elimina a necessidade de uma terceira entidade confiável
  - Permite compartilhamento de dados

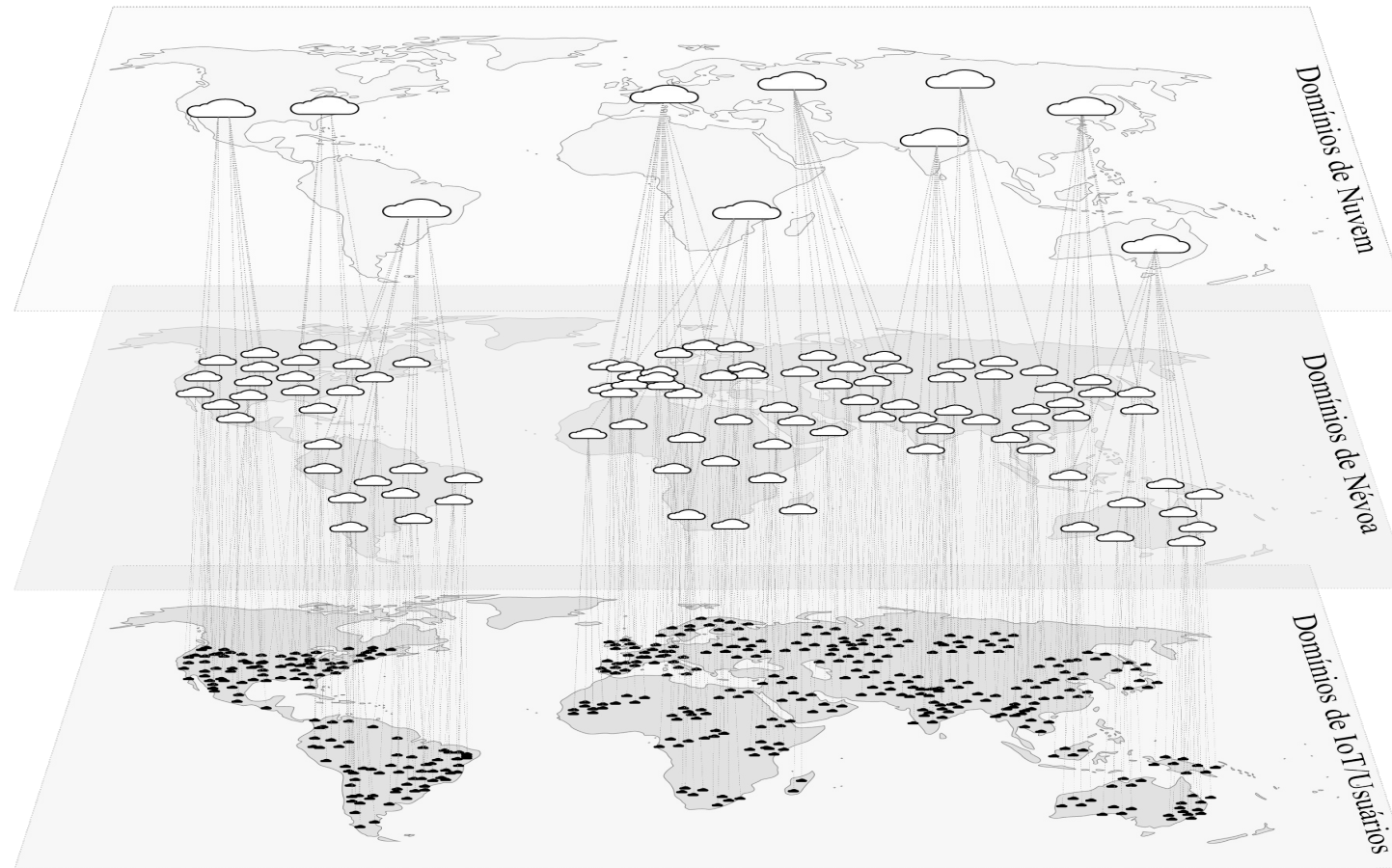
# Propriedades da Blockchain

- A maneira como os dados são criados, inseridos e gerenciadas em uma Blockchain deve manter duas propriedades:
  1. A Blockchain é compartilhada (copiada) por usuários da rede e não é mantida unicamente nas mãos de qualquer autoridade central
  2. Deve ser extremamente difícil mudar qualquer dado depois de inserido em uma Blockchain (somente escrita)

# Componentes da Blockchain



# Computação em Névoa/Borda



Componentes da Arquitetura em Névoa. Fonte: [Coutinho et al. 2018]

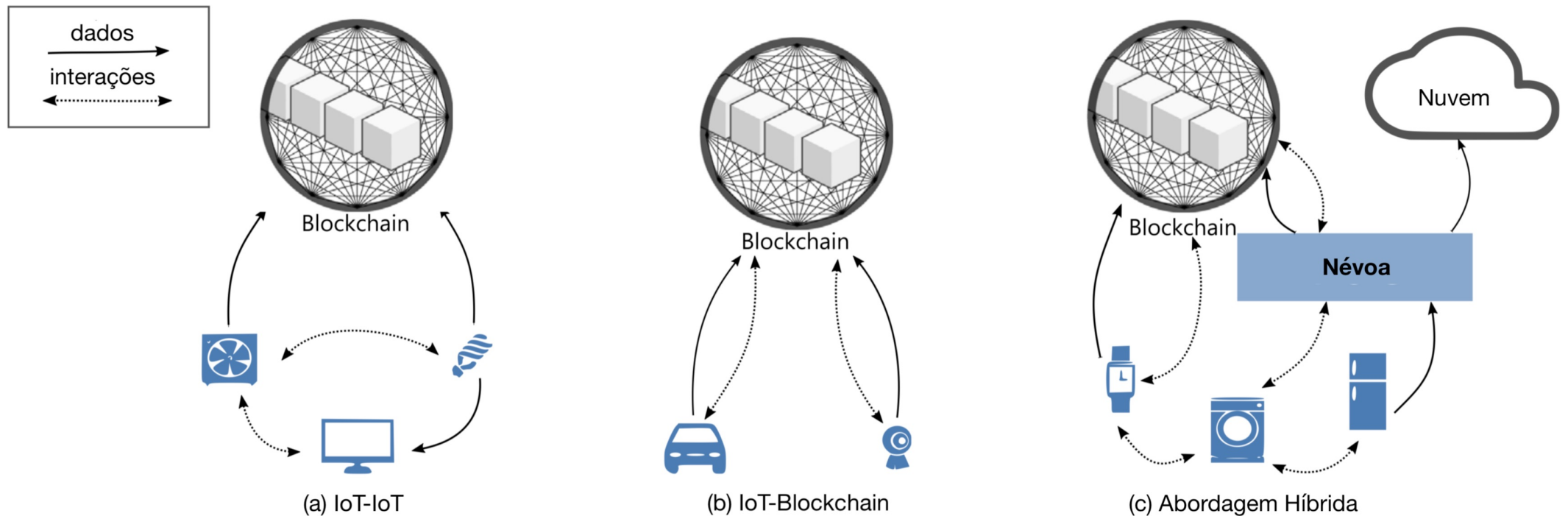
# Motivação 1

- Blockchain pode melhorar a IoT em diferentes aspectos como discutidos em [Reyna et al. 2018]
  - Compartilhamento de dados
  - Privacidade e segurança
  - Tolerância a falhas
  - Descentralização
  - Autonomia
  - Comunicação
  - Modelo de negócio

# Problema 1

- Integrar Blockchain com IoT não é uma tarefa trivial
  - Em [Ghiro et al. 2021] são apontadas discrepâncias entre os requisitos de sistemas IoT e as características das redes Blockchain
  - A Blockchain possui alto custo computacional
  - Os serviços envolvidos são executados fora da Blockchain
  - Suas funcionalidades são gerenciadas em uma rede separada
  - a Blockchain passa a ser oferecida como um serviço remoto

# Arquitetura IoT com Blockchain



Interações da IoT com a Blockchain. Fonte: [Reyna et al. 2018]



# Motivação 2

- Em [Uriarte and De Nicola 2018] é apontado possíveis benefícios da integração de paradigmas como computação em névoa e Blockchain

# Problema 2

- Não existe, até onde chega nosso conhecimento, um ambiente de prototipagem disponível que ajude a testar aplicações Fog-Blockchain usando tecnologias reais
- Frameworks de prototipagem de livro razão distribuído não atingiram o modelo de computação em névoa

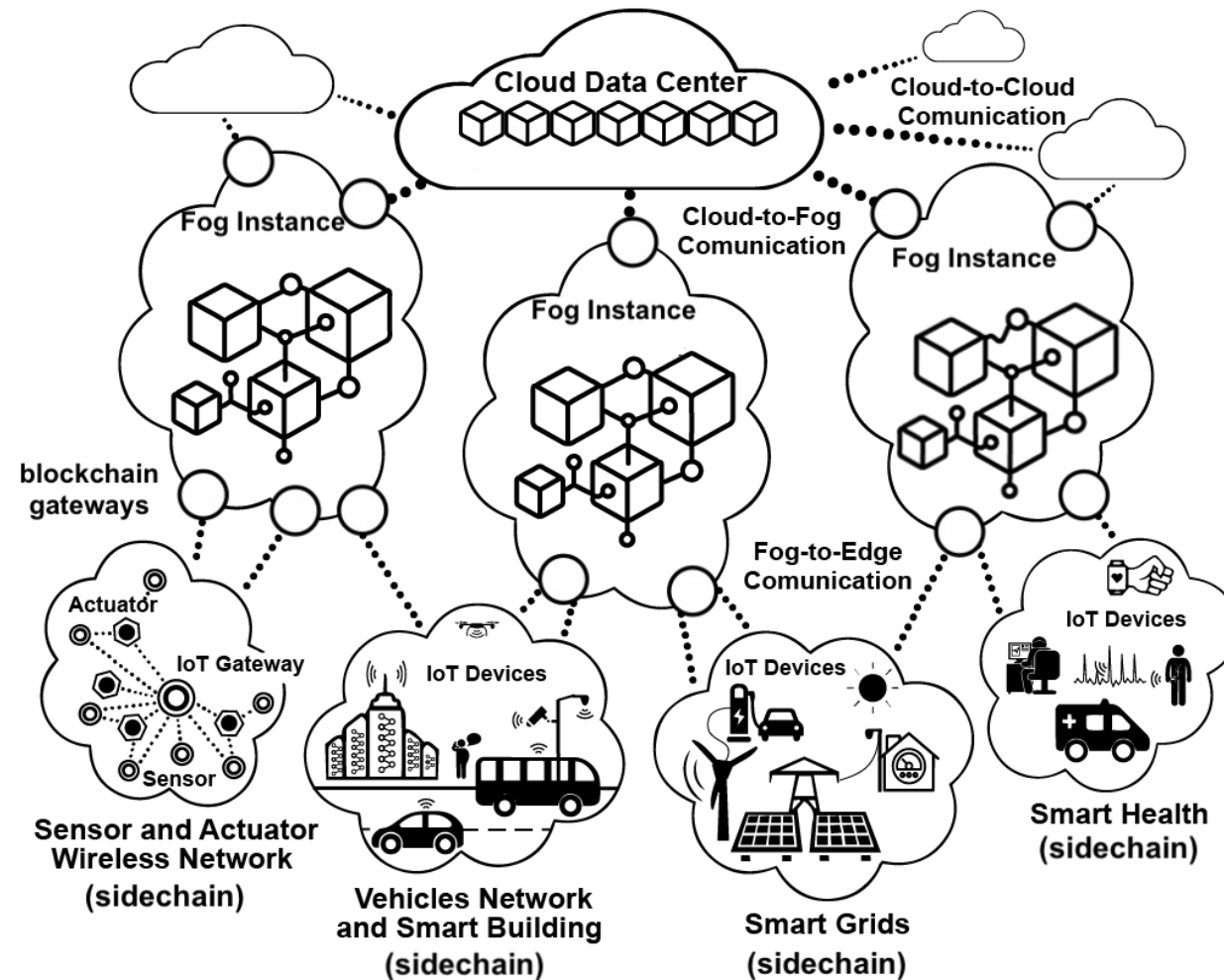
# Proposta

- A integração efetiva dos paradigmas em névoa/borda e Blockchain permite o desenvolvimento de soluções IoT responsivas, seguras, interoperáveis e descentralizadas

# Objetivo

- Apresentar um framework extensível baseado na integração de ferramentas de software livre para habilitar testbeds edge/fog-DLT em ambientes virtualizados que utilizem tecnologias reais (emulação)
  - Propor uma arquitetura experimental edge/fog-DLT para melhorar a segurança e o desempenho das aplicações IoT partindo da perspectiva do não repúdio e da latência
  - Apresentar diferentes estudos de caso para demonstrar a emulação e os benefícios dos sistemas edge/fog-DLT

# Arquitetura Blockchain em Névoa



# Metodologia (1)

- Como experimentar uma arquitetura em névoa?
  - Não existia até 2018 ambiente de testes para névoa disponível
  - Simuladores de rede e *middleware* de nuvem eram adaptados para permitir uma avaliação experimental de soluções de névoa
  - Ambientes de prototipagem em névoa eram bastantes restritos: escalabilidade, tecnologias, etc.
  - Testar e validar uma arquitetura com poucos dispositivos e nós não garante que seja propriamente executada em larga escala

**Edge/Fog IoT**

**DLT/Blockchain**

Sistema que implementa Arquitetura Fog/Edge e Blockchain

**Model APIs: Topology, Instance, Resource and Fault**

Define modelos para Configuração, Gerenciamento, Recursos e Falhas

**Fogbed**

Emulação escalável de instâncias Fogbed em rede local ou nuvem (RESTfull API)

Instâncias Virtuais de Nuvem (*Cloud*), Névoa (*Fog*) e Borda (*Edge*)

**Containernet**

Contêineres Docker como nós virtuais

**Mininet**

Nós e comutadores virtuais (*Openflow*)

# Modelos de Recursos (Processamento)

- Modelo de recurso para uma Instância de borda virtual (VEI):

$$f_v ( rc_n ) = \begin{cases} \frac{E_{cpu}}{\sum_{i=1}^N mc_i} \cdot rc_n, & \text{se } ac_v + rc_n \leq mc_v \\ 0 & \text{(rejeitado), senão} \end{cases} \quad (1)$$

- Modelo de recurso para uma instância de névoa virtual (VFI):

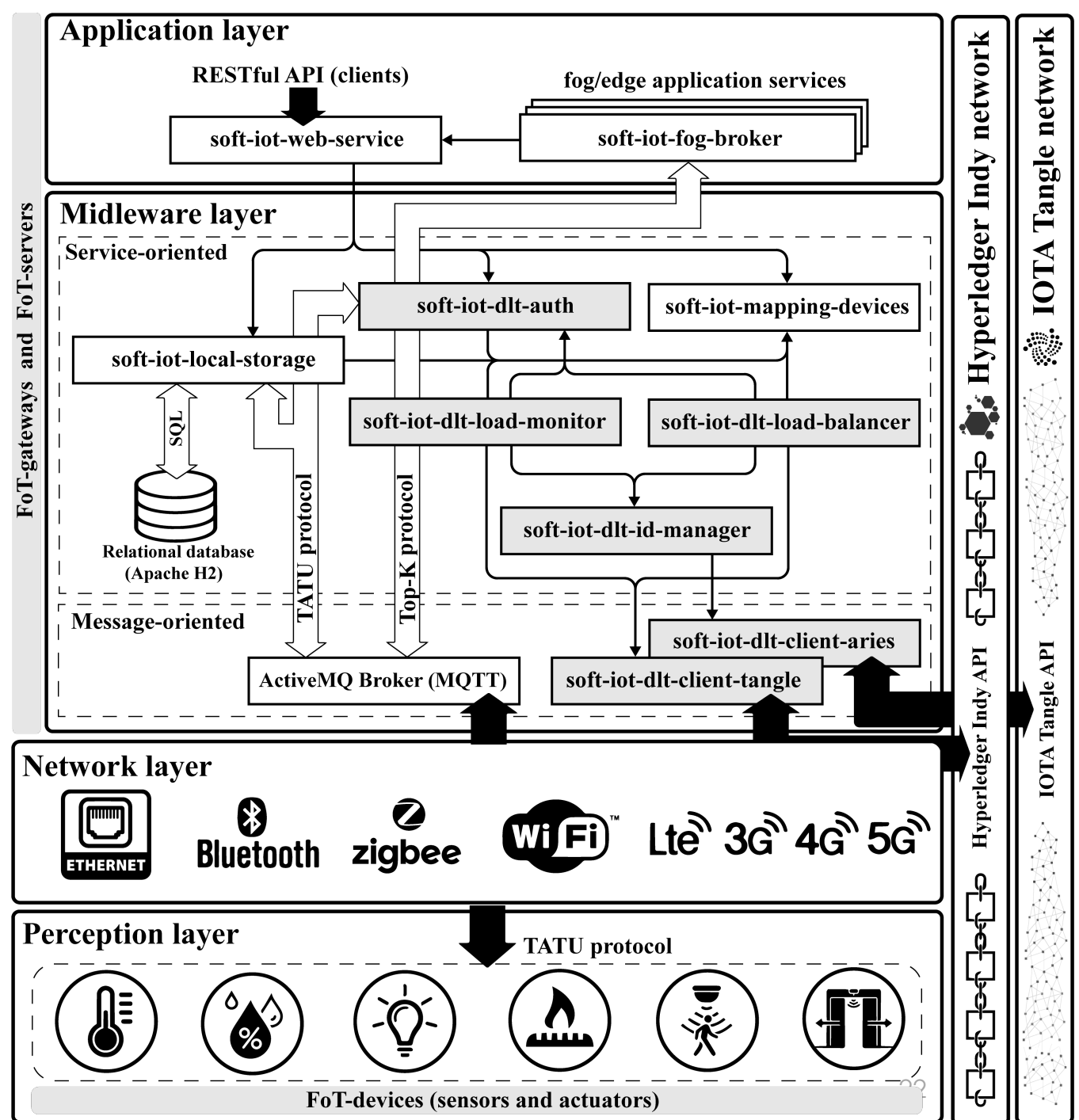
$$f_v ( rc_n ) = \frac{E_{cpu}}{\sum_{i=1}^N mc_i} \cdot \underbrace{\frac{mc_v}{\max \{ mc_v; ac_v \}}}_{\text{fator de super-provisionamento}} \cdot rc_n \quad (2)$$



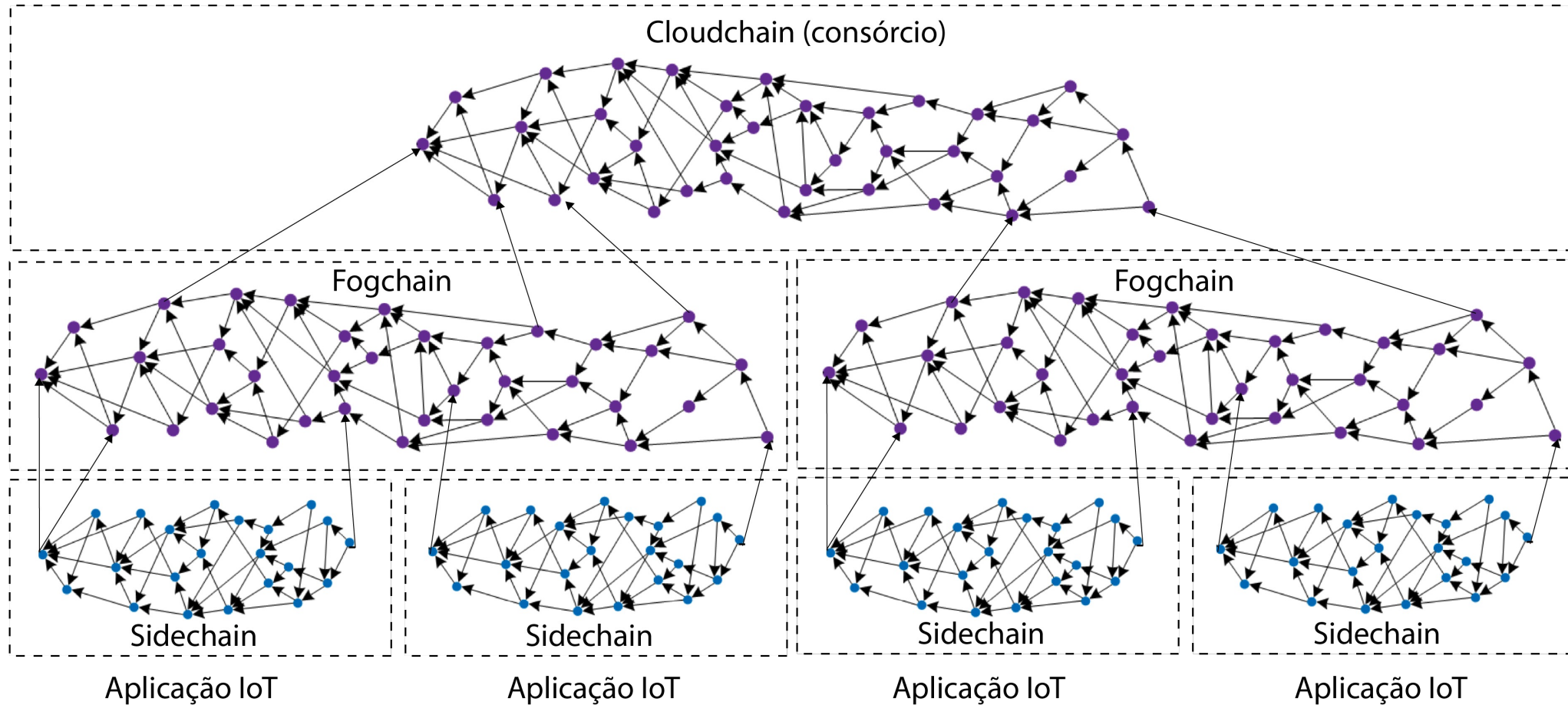
# Metodologia (2)

- Como implementar uma arquitetura IoT com BC?
  - Não existia (até 2019) nenhum framework IoT com Blockchain
  - O Grupo WISER da UFBA tem uma arquitetura IoT do mundo real!!!
  - Nossa estratégia foi estender o framework SOFT-IoT para incorporar funcionalidades Blockchain

# Solução 2: Gateway SOFT-IoT-DLT

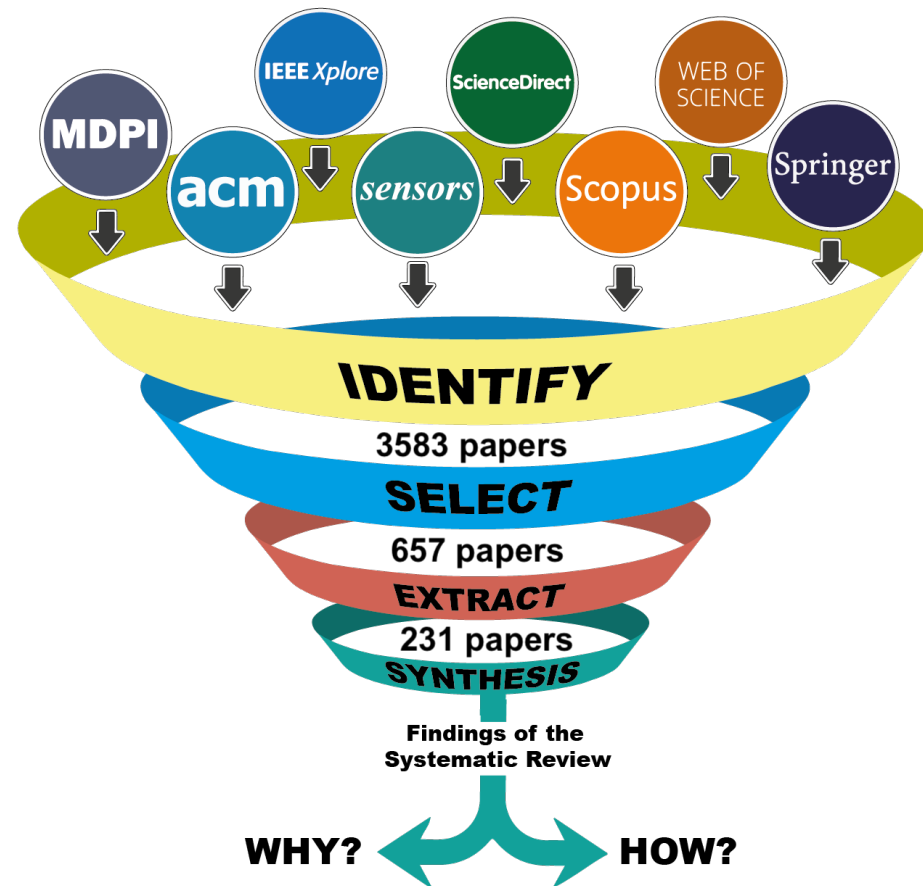


# Metodologia (3): Arquitetura Multichain



# Andamento do Trabalho – 2020/2022

( blockchain OR ledger ) AND ( “fog computing” OR “edge computing” )  
AND ( IoT OR “internet of things” )



# How are integrated blockchain and fog-edge computing in IoT solutions?

Antonio Coutinho<sup>\*†</sup>, Elisangela Carneiro<sup>\*†</sup>, Claudio Jr. N. da Silva<sup>†</sup>, Cássio Prazeres<sup>†</sup>, Fabíola Greve<sup>†</sup>

<sup>\*</sup>State University of Feira de Santana, Department of Technology

<sup>†</sup>Federal University of Bahia, Computer Science Department

Email: {acoutinho, eocarneiro}@uefs.br, {claudiojns, prazeres, fabiola}@ufba.br

**Abstract**—Recent years have witnessed Internet of Things (IoT) systems that approach fog-edge computing and blockchain in their architecture to leverage low latency services, improve security and privacy, and efficient data management. Integrating these paradigms is not trivial due to discrepancies between the requirements of the IoT systems and the characteristics of blockchain networks. The fog-edge model can provide distributed scalable resources to reach blockchain infrastructure requirements and increase general performance in IoT systems. This paper presents a study of the “why” and “how” these technologies are integrated with IoT solutions through a systematic literature review. We raised the improvement objectives that led to the merging of fog-edge and blockchain technologies in IoT, the architectures of the solutions, and consensus protocols. This work concluded that there are various studies of IoT systems that approach blockchain and fog-edge computing, but there are still challenges to integrating these technologies.

**Index Terms**—Internet of Things, fog computing, edge computing, blockchain.

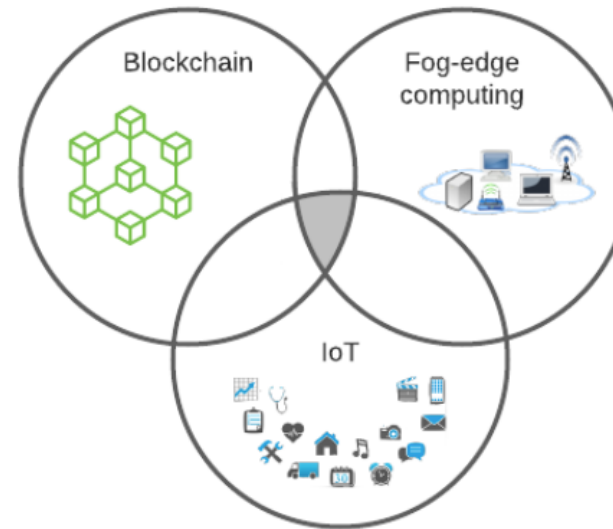
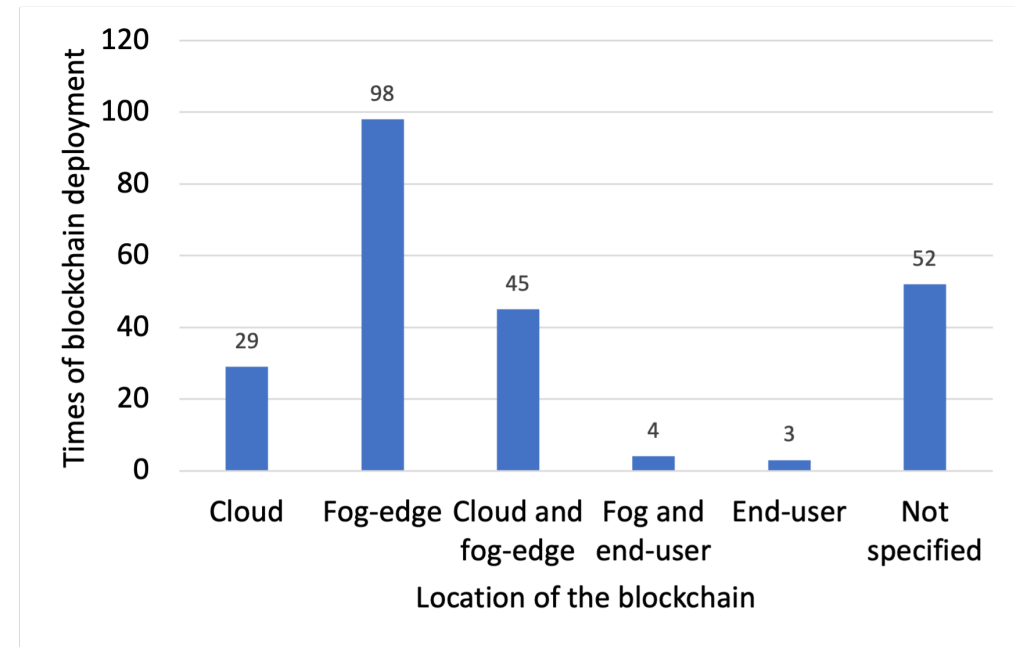
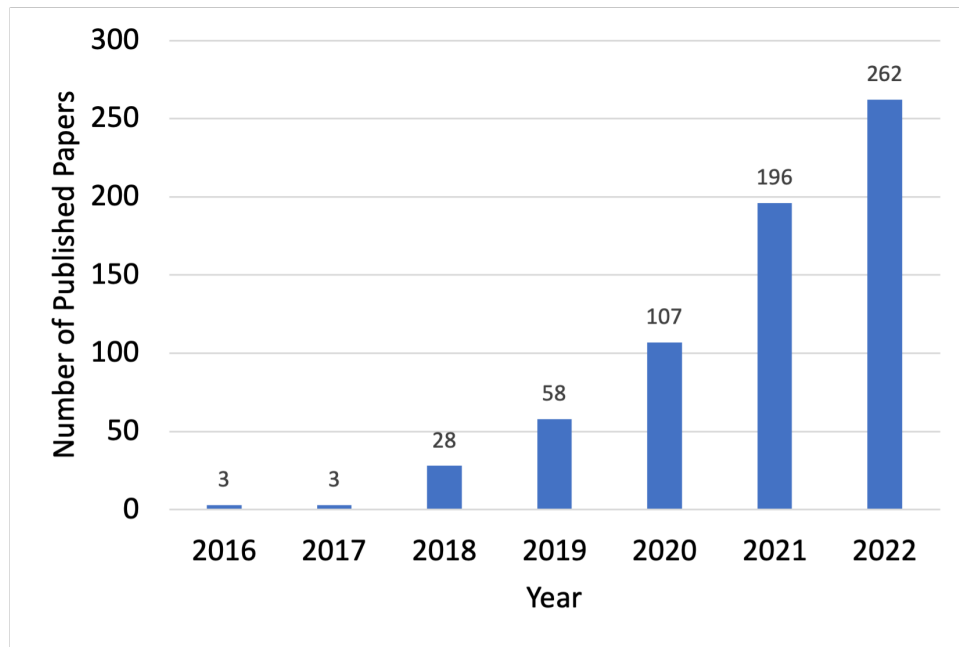


Fig. 1. The bold area represents integration approaches of blockchain and fog-edge computing that are emerging to address the vulnerabilities and requirements of the IoT systems. Our research aims study “why” and “how” these technologies are integrating in IoT solutions.

# Andamento do Trabalho – 2020/2022





# Andamento do Trabalho – 2022/2023

## Rapid-Prototyping of Integrated Edge/Fog and DLT/Blockchain Systems with Fogbed

Antonio Coutinho<sup>\*†</sup>, Uellington da C. Damasceno<sup>\*</sup>, Esaú da S. Mascarenhas<sup>\*</sup>, Matheus T. de Oliveira<sup>\*</sup>, Allan C. de S. Santos<sup>\*</sup>, João E. B. T. da Silva<sup>\*</sup>, Fabíola Greve<sup>†</sup>

<sup>\*</sup>State University of Feira de Santana, Department of Technology

<sup>†</sup>Federal University of Bahia, Computer Science Department

Email: acoutinho@uefs.br, {udamasceno, emascarenhas, moliveira, asantos, jsilva}@ecomp.uefs.br, fabiola@ufba.br

**Abstract**—Edge and fog computing are models to develop internet of things (IoT) solutions with low latency, mobility, location awareness and afford the processing of a large amount of data. Distributed ledger technologies (DLT), such as blockchain, improve IoT systems interoperability by enabling a more secure and decentralized way to share data. Recent research has pointed out that integrating current paradigms such as edge/fog and DLT/blockchain allows the development of responsive and secure IoT solutions. Despite recent advances in edge/fog platforms, the current modeling tools are adapted to evaluate edge/fog solutions in limited environments with no DLT/blockchain support. This paper presents an extensible toolset integration to enable edge/fog-based DLT testbeds in virtualized environments. The proposed architecture extends Fogbed to allows the deployment and testing of real-world Edge/Fog-DLT solutions in a scalable way. A case study to demonstrate the emulation and benefits of Edge/Fog-DLT systems is presented. Furthermore, future developments and research directions are discussed.

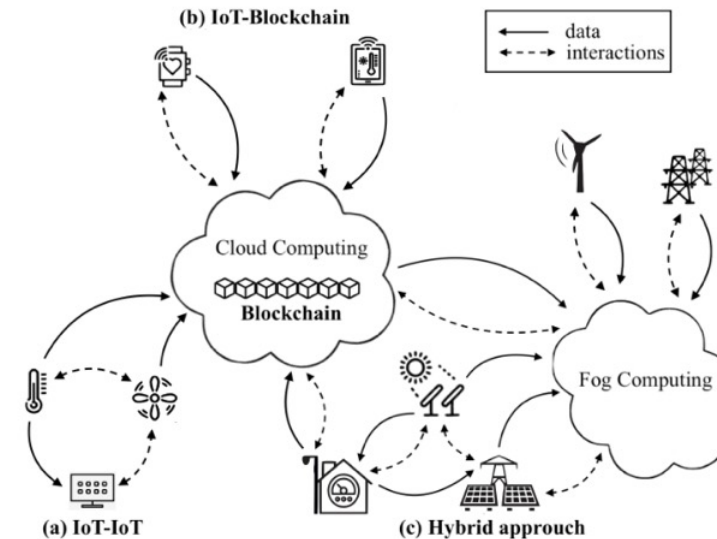


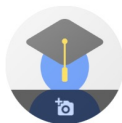
Fig. 1: The Blockchain IoT interactions.

# Andamento do Trabalho – 2022/2023

- Finalizar estudos de caso com serviço Fog-Blockchain – Em andamento
  - Balanceamento de dispositivos IoT entre gateways
  - Identidade Descentralizada
- Implementação de nós de névoa com a Blockchain (Tangle)
- Implementação dos nós notários hierárquicos
- Submeter o trabalho final a um jornal especializado – Em andamento



# Produção Científica/Acadêmica



Antonio A. T. R. Coutinho

SEGUIR

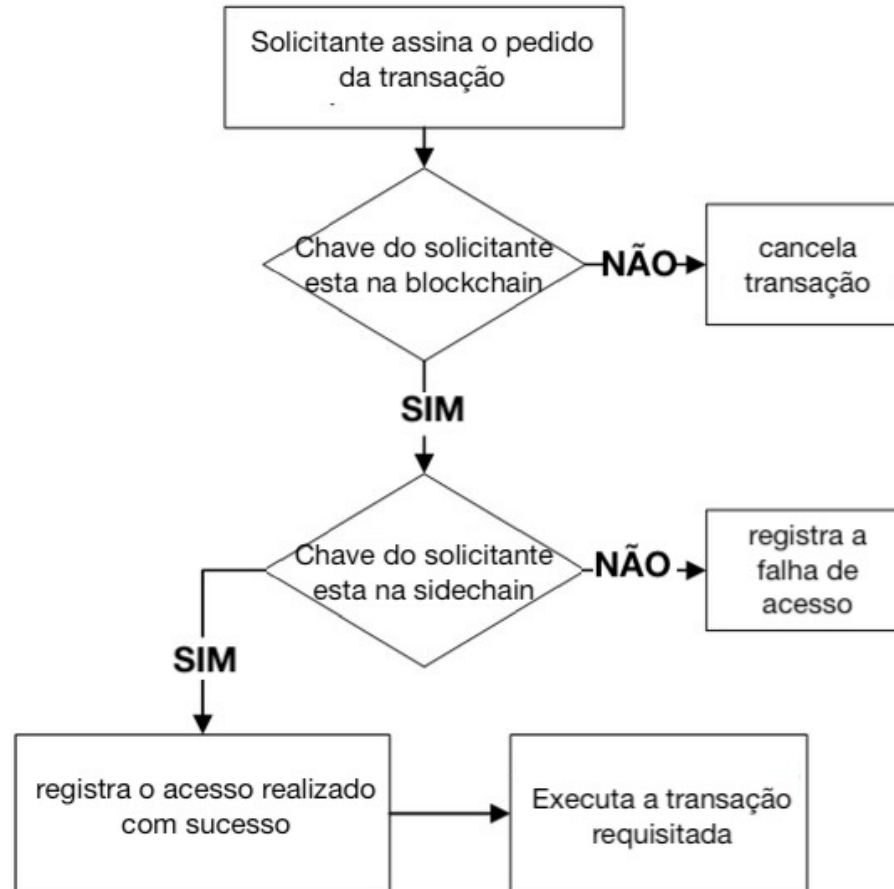
Professor, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana  
E-mail confirmado em uefs.br  
Internet of Things Fog Computing Blockchain

TÍTULO	CITADO POR	ANO
<b>Blockchain e a Revolução do Consenso sob Demanda</b> FG Greve, LS Sampaio, JA Abijaude, AC Coutinho, IV Valcy, SQ Queiroz Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC ...	75	2018
<b>Fogbed: A rapid-prototyping emulation environment for fog computing</b> A Coutinho, F Greve, C Prazeres, J Cardoso 2018 IEEE International Conference on Communications (ICC), 1-7	65	2018
<b>Computação em névoa: Conceitos, aplicações e desafios</b> A Coutinho, EO Carneiro, FGP Greve Minicursos do XXXIV SBRC, 266-315	20	2016
<b>An architecture for fog computing emulation</b> AATR Coutinho, F Greve, C Prazeres Anais do XV Workshop em Clouds e Aplicações	8	2017
<b>Soft-IoT platform in FOG of things</b> L Andrade, C Lira, B Mello, A Andrade, A Coutinho, F Greve, C Prazeres Proceedings of the 24th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, 23-27	6	2018
<b>Scalable fogbed for fog computing emulation</b> A Coutinho, H Rodrigues, C Prazeres, F Greve 2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), 00334-00340	5	2018
<b>Fog of things: Fog computing in internet of things environments</b> L Andrade, C Lira, B Mello, A Andrade, A Coutinho, C Prazeres Special Topics in Multimedia, IoT and Web Technologies, 23-50	3	2020
<b>Do device à cloud com a Plataforma SOFT-IoT: sua infraestrutura IoT em poucas horas</b> L Andrade, C Lira, B Mello, A Andrade, A Coutinho, F Greve, C Prazeres Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web: Minicursos	1	2018
<b>Geração e Validação de Diplomas e Certificados utilizando Blockchain Pública</b> E de Brito Souza, E Carneiro, A Coutinho Anais do IV Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e Aplicações, 54-59		2021
<b>Minicursos do XXIV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web</b> V Roesler, A Kronbauer, MCM Neto, R Novais, R Willrich, R Kulesza, ...		2018
<b>Uma Arquitetura para Emulação Escalável em Névoa</b> A Coutinho, E Carneiro, F Greve, C Prazeres Anais do XVI Workshop em Clouds e Aplicações		2018
<b>PeerRepSim: um Simulador de Protocolos de Gerenciamento de Reputação para Redes P2P</b> A do Nascimento, E Carneiro, A Coutinho, F Greve Anais do X Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas ...		2010
<b>Simulation and Modeling Tools for Fog Computing</b> AATR Coutinho, EO Carneiro, F Greve Fog Computing, 51-84		
<b>Uma Arquitetura de Emulação em Névoa com Suporte a Tecnologia Blockchain</b> P Pessoa, A Coutinho		
<b>A Distributed Environment for Scalable Fog Computing Emulation</b> HRS Silva, A Coutinho		

## Citado por



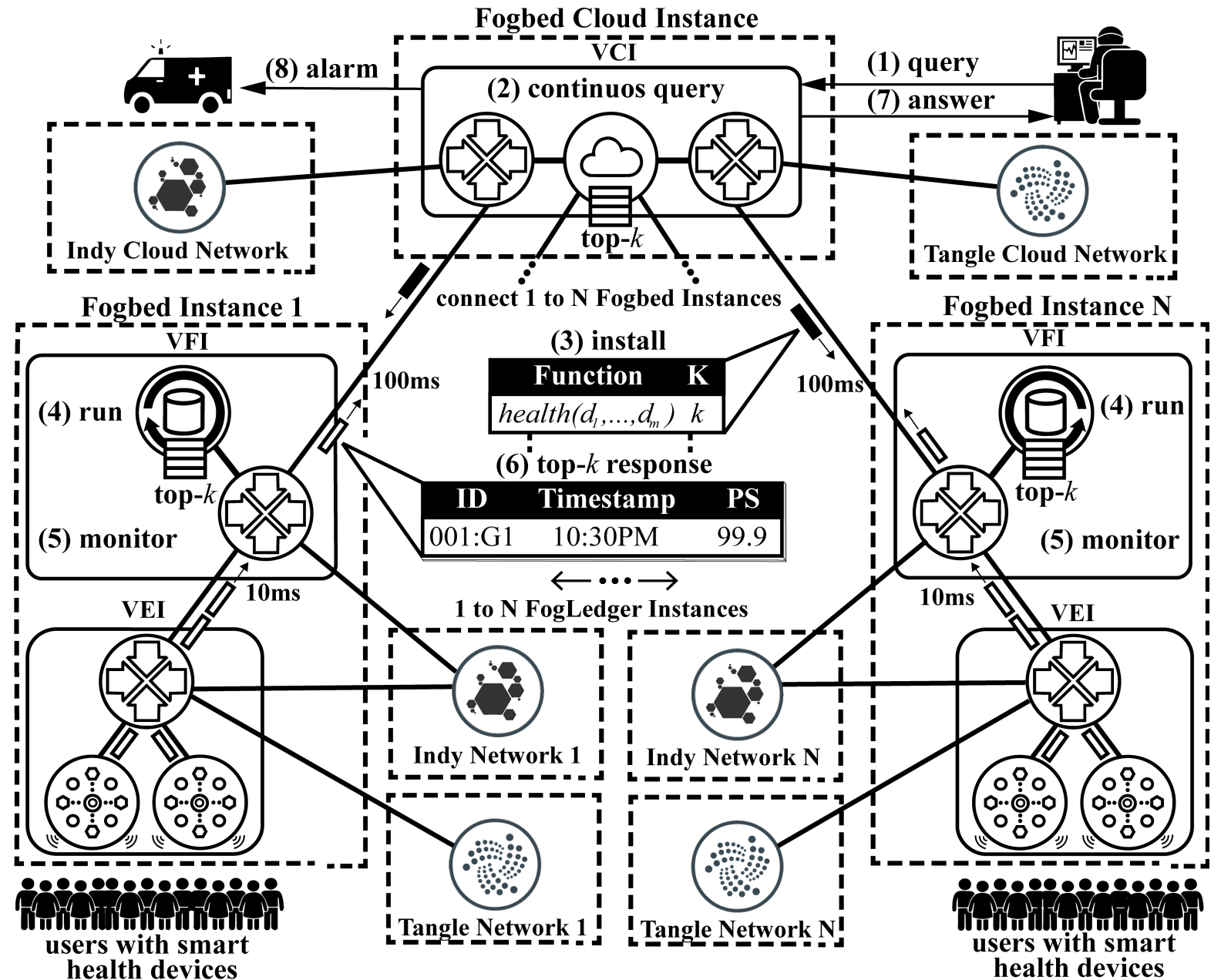
# Controle de Acesso e Autenticação



# Chaincode do Hyperledger

```
1: /**
2:  * Data request
3:  * @param {Context} ctx the transaction context
4:  * @param {String} requestor data requestor
5:  * @param {String} publicKey paper number for this requestor
6:  * @param {String} accessDateTime time to start accessing data
7:  * @param {String} endDateTime time to stop accessing data
8:  * @param {String} ClusterID device cluster requesting access
9:  */
10: async dataRequest(ctx, requestor, publicKey, accessDateTime, endDateTime, ClusterID){
11:   // create an instance of the request
12:   let request = request.createInstance(requestor, publicKey, accessDateTime, endDateTime, ClusterID);
13:   // Check if the public key is on the consortium chain
14:   if (ctx.authorizedList.getPublicKey (requestor)!== PublicKey) {
15:     throw new Error(requestor + ' is not authorized');}
16:   // Check if the public key is on the Tangle
17:   if (!request.isOnTangle(request)) {
18:     // moves request into Deny state
19:     request.setDeny();
20:     // Newly access record is set
21:     request.setFailRecord(requestor);}
22:   else {
23:     // moves request into Access state
24:     request.set Access();
25:     // Newly access record is set
26:     request.setSuccessRecord(requestor);
27:     // return IPFS Hash to caller of smart contract
28:     return ctx.IPFSList.getIPFS(clusterID).toBuffer();} }
```

# Cenário de Testes:



# Execução e Resultados

