

## **AVALIAÇÃO DA ESCALABILIDADE DO PROTOCOLO MQTT NO CONTEXTO DA INTERNET DAS COISAS**

**NICOLAS KOLLING RIBAS<sup>1</sup>, MARCO AURÉLIO SPOHN<sup>2</sup>**

### **1 Introdução**

Possibilitada pelo avanço no desenvolvimento de sensores, tecnologias de comunicação e protocolos de internet, a Internet das Coisas (IoT) é o conceito que descreve uma conexão ubíqua à internet, tornando objetos comuns do cotidiano em dispositivos interconectados. A ideia central desse conceito é a da implantação de bilhões de dispositivos inteligentes capazes de sentir e interagir com seu ambiente, através da aquisição e envio de dados pela rede. Um exemplo de aplicação da IoT está nas casas inteligentes, nas quais há a possibilidade de se monitorar e controlar remotamente os objetos domésticos, que com sensores identificam seu próprio estado (como uma lâmpada, acesa ou apagada), e com atuadores o modificam. Para além disso, a aplicação da IoT é vasta, sendo utilizada nas mais variadas indústrias como varejo, manufatura, saúde, seguros, eletrodomésticos, equipamentos pesados, companhias aéreas e logística (LEE; LEE, 2015).

A comunicação entre os diversos dispositivos da IoT é feita, principalmente, através de protocolos de comunicação Máquina-a-Máquina (M2M), dentre eles se destaca o *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) como sendo o mais difundido (MISHRA; KERTESZ, 2020). O MQTT utiliza o padrão Publicador-Assinante (P/S): dispositivos interessados em enviar alguma informação (i.e. publicadores) fazem a publicação da mesma em um servidor central, chamado de *broker*, que a envia para os dispositivos interessados em receber a informação (i.e. assinantes). Neste contexto de implementação padrão do MQTT onde é feito o uso de apenas um *broker*, ele se apresenta como um ponto único de falha e um possível gargalo no desempenho do sistema.

A fim de obter-se uma maior escalabilidade no MQTT, pode-se recorrer a abordagens

---

1 Bacharel em Ciência da Computação, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó, contato: nicolaskribas@gmail.com

2 Doutor, Universidade Federal da Fronteira Sul, **Orientador**.

em que há a utilização de múltiplos *brokers* por sistema, possibilitando uma maior tolerância à falha e aumento de desempenho. Na *clusterização*, um elemento balanceador de carga age como ponto de entrada para os clientes, as solicitações são feitas diretamente para o balanceador de carga que então as distribui entre os *brokers* do *cluster*. Outra abordagem, alvo deste trabalho, se baseia na criação de uma federação de *brokers*, na qual os diferentes *brokers* mantêm conexão entre si e se auto-organizam para entregar as publicações feitas em um *broker* aos assinantes correspondentes, não importando a qual outro *broker* eles estão associados.

A primeira solução para a federação foi apresentada por Spohn (2020) e tem como ideia central a de *brokers* com assinantes locais criarem e manterem uma estrutura de malha que os interconecta e possibilita o roteamento de publicações entre eles. Para a implementação de tal solução eram necessárias modificações no funcionamento interno dos *brokers*, assim Spohn (2021) propôs uma nova variante à sua solução original, introduzindo o conceito de federador: uma aplicação, que associada ao *broker*, dá a ele os mecanismos necessários para a realização da federação. Deste modo o federador fica responsável pela criação e manutenção das malhas como também do roteamento de mensagens para outros *brokers*.

## 2 Objetivos

Realizar a implementação de um federador de *brokers* MQTT e avaliar, com a utilização de métricas, o desempenho da implementação da federação de *brokers* em relação a abordagem tradicional de único *broker*.

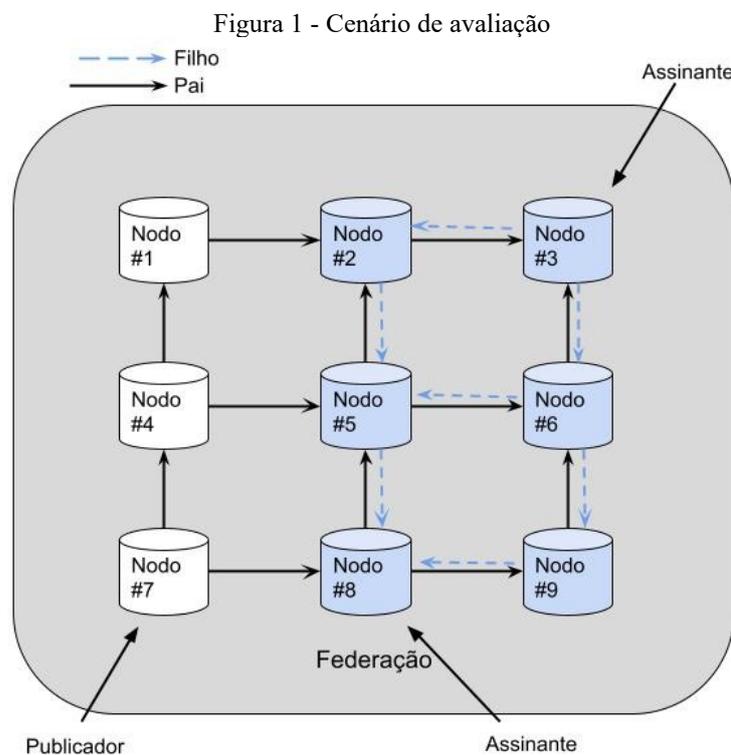
## 3 Metodologia

Para fornecer as capacidades de federação aos *brokers* realizamos a implementação<sup>3</sup> de um federador com base no protocolo proposto por Spohn (2021), que se utiliza apenas dos mecanismos nativos de publicação e assinatura do MQTT. Mudanças foram feitas ao protocolo, efetivamente dando origem à uma nova versão.

---

3 Código fonte disponível em: <https://github.com/nicolaskribas/mqtt-fed>

Foram replicados os cenários de avaliação de Spohn (2021). Sendo assim, a topologia conta com nove *brokers* federados dispostos em uma grade 3×3, com redundância de malha de valor dois. Nessa topologia foram dispostos dois assinantes, o primeiro no nodo 3 e o segundo no nodo 8. A malha resultante pode ser observada na Figura 1. Cada nodo da federação é composto por um *broker* Mosquitto executando em um contêiner Docker, em conjunto com uma instância de federador.



Um publicador foi acionado no nodo 7, a um salto de distância do nodo 8 e a quatro saltos do nodo 3. O publicador foi configurado de duas maneiras: fazendo 500 e 1000 publicações, cada uma delas com um tamanho de 64 bytes. Coletamos como métrica o atraso entre uma mensagem ser publicada no nodo 7 e sua entrega nos assinantes nos nodos 3 e 8.

Para avaliar um cenário de único *broker* e que as devidas comparações com a abordagem federada sejam feitas, executamos ambos os assinantes em um mesmo nodo: primeiramente com ambos no nodo 3 e então com ambos no nodo 8. Utilizamos o mesmo padrão de publicador, com 500 e 1000 publicações sendo realizadas no nodo 7.

Cada um dos cenários foi executado 10 vezes, coletando-se as médias dos resultados das execuções. Os testes foram executados em uma máquina local que dispunha de 16GB de memória RAM e um processador *AMD Ryzen™ 5 1500X 3,5 GHz*.

#### 4 Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão dispostos os resultados coletados no cenário de federação. Como esperado, o assinante do *broker* 3, que se encontra mais distante do publicador, mostrou valores de latência maiores do que o assinante do *broker* 8, que se encontra mais perto do publicador. Observa-se também que a quantidade de publicações não afetou significativamente a latência no *broker* 3. O mesmo não pode ser dito do assinante do *broker* 8, suas publicações tiveram uma latência maior com o aumento do número de publicações, o que era esperado.

Tabela 1 - Solução federada: Atraso na publicação das mensagens

Publicações	Assinante no <i>broker</i> 3	Assinante no <i>broker</i> 8
500	17,21±9,17 ms	9,51±6,58 ms
1000	16,71±9,53 ms	12,35±10,70 ms

Os cenários de *broker* único tem seus resultados demonstrados na Tabela 2. Novamente observa-se uma latência relacionada com a distância entre publicador e assinante.

No cenário onde ambos assinantes localizam-se no nodo 3, nota-se um aumento na latência agregada em comparação com a solução federada. Isso se deve pelo fato do *broker* ter que lidar com o dobro da carga na média, pois possui dois assinantes. Já no cenário onde ambos assinantes estão no nodo 8 a constatação é a contrária, pois houve uma redução significativa de latência em comparação com o cenário federado. Uma explicação possível para essa diferença entre os dois cenários envolve o *overhead* gerado pelo roteamento das mensagens. Tanto no cenário federado quanto no cenário de um único *broker* no nodo 3, o roteamento de mensagens é feito utilizando todos os pais que a redundância permite, resultando em uma sobrecarga no roteamento. Já no cenário de único *broker* no nodo 8 o *overhead* é mínimo, pois estando a um salto do publicador, o único caminho (e único pai) pelo qual as mensagens são roteadas é através do envio direto ao *broker* dos assinantes.

Tabela 2 - Solução centralizada: Atraso na publicação das mensagens

Publicações	<i>Broker</i> no nodo 3		<i>Broker</i> no nodo 8	
	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2
500	19,81±16,21 ms	18,80±13,05 ms	3,33±4,35 ms	3,34±4,35 ms
1000	17,66±15,47 ms	17,68±15,49 ms	5,04±7,05 ms	5,10±7,12 ms

## 5 Conclusão

Com o crescimento e uma maior adoção da Internet das Coisas, vê-se a necessidade de protocolos de transmissão de mensagens escaláveis capazes de suprir a necessidades de comunicação entre os elementos desse paradigma. Uma das alternativas é a federação de *brokers* MQTT.

O presente trabalho limitou-se à uma análise inicial das capacidades de escalabilidade de uma federação de *brokers*. Para realizar a federação foi implementado um federador: aplicação que, associada a um *broker*, dá as capacidades de federação. Além de servir ao propósito de avaliarmos uma federação no presente trabalho, o federador implementado pode servir de ferramenta a toda a comunidade interessada em explorar a abordagem de federação.

Os resultados obtidos no estudo de caso mostraram que a federação pode trazer benefícios de desempenho em comparação com o uso de *brokers* centralizados. Também serviram pra ilustrar os *overheads* que o protocolo de federação apresenta em certas topologias.

## Referências Bibliográficas

LEE, I.; LEE, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business horizons**, v. 58, n. 4, p. 431–440, 2015.

MISHRA, B.; KERTESZ, A. The use of MQTT in M2M and IoT systems: A survey. **IEEE access: practical innovations, open solutions**, v. 8, p. 201071–201086, 2020.

SPOHN, M. **An endogenous and self-organizing approach for the federation of autonomous MQTT brokers**. Proceedings of the 23rd International Conference on Enterprise Information Systems. **Anais...SCITEPRESS - Science and Technology Publications**, 2021.

SPOHN, M. A. Publish, subscribe and federate! **Journal of computer science**, v. 16, n. 7, p. 863–870, 2020.

**Palavras-chave:** Federação; Escalabilidade; MQTT; *Broker*.

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES-2021-0471

**Financiamento:** Universidade Federal da Fronteira Sul