

# Uma Proposta para a Descoberta de Recursos em Computação em Névoa

João Bachiega Jr., Aletéia P. F. Araújo

<sup>1</sup>Departamento de Ciência da Computação – Universidade de Brasília (UnB)  
Brasília – DF – Brasil

joao.bachiega.jr@gmail.com, aleteia@unb.br

**Abstract.** *Fog Computing is a paradigm that allows the provisioning of computing resources and services at the edge of the network, closer to end devices and users, with lower latency, complementing Cloud Computing. The heterogeneity, the high geographic distribution and the large number of devices are challenges to perform optimized resource discovery in this environment. This article presents a proposal for the resource discovery process in fog computing.*

**Resumo.** *A Computação em Névoa é um paradigma que permite o provisionamento de recursos e serviços computacionais na borda da rede, mais próximos dos dispositivos finais e usuários, com menor latência, complementando a Computação em Nuvem. A heterogeneidade, a alta distribuição geográfica e o grande número de dispositivos são desafios para realizar a descoberta de recursos otimizada neste ambiente. Este artigo apresenta uma proposta para o processo de descoberta de recursos em computação em névoa.*

## 1. Introdução

A computação em névoa surgiu como uma solução promissora para atender a crescente demanda por ampliar a capacidade de processamento, rede e armazenamento mais próxima dos usuários finais, complementando, desta forma, uma fragilidade da computação em nuvem, tendo como características essenciais a baixa latência, a alta distribuição geográfica, a heterogeneidade, a interoperabilidade, as interações em tempo real e a escalabilidade [Toczé and Nadjm-Tehrani 2018]. No entanto, as pesquisas sobre a utilização deste recente paradigma computacional ainda estão em desenvolvimento, tendo muitos desafios a serem superados.

Entre estes desafios está o gerenciamento de recursos, também chamados de *fog nodes*, que é uma disciplina relevante em diversas áreas de pesquisa porque visa o uso otimizado dos recursos disponíveis [Kato and Ibaraki 1998]. Nos últimos anos, a computação em névoa tem sido amplamente estudada tanto pela academia quanto pela indústria [Naha et al. 2018] e, por isso, é possível encontrar algumas publicações de revisão de literatura sobre este tema. Em nosso trabalho [Jr. et al. 2023], é apresentada uma análise comparativa entre estes trabalhos, bem como uma proposta de cinco etapas para o gerenciamento de recursos na computação em névoa, a saber: Descoberta, Estimativa, Alocação, Monitoração e Orquestração.

Este trabalho objetiva apresentar uma proposta para a etapa de descoberta de recursos, que visa encontrar os recursos computacionais disponíveis em um ambiente de computação em névoa e registrá-los em um catálogo, disponibilizando-os para as demais etapas do ciclo de gerenciamento.

## 2. Descoberta de Recursos na Computação em Névoa

Considerando as características da computação em névoa, tais como a mobilidade, a alta distribuição geográfica, e também a heterogeneidade, o processo de descoberta de recursos é considerado um grande desafio e fundamental para o ambiente [Datta et al. 2015]. No artigo [Masip et al. 2020] o problema de descoberta de recursos na computação em névoa é declarado como uma forma de projetar uma solução para encontrar recursos pertencentes a componentes dispostos a se juntar ao ambiente. Tal solução deve considerar as diferentes características inerentes à computação em névoa, como por exemplo a mobilidade ou os modelos colaborativos.

No artigo [Goudarzi et al. 2022] os autores apresentam uma taxonomia para classificação dos métodos de descoberta de recursos em um ambiente que envolve computação em nuvem e IoT em quatro pilares:

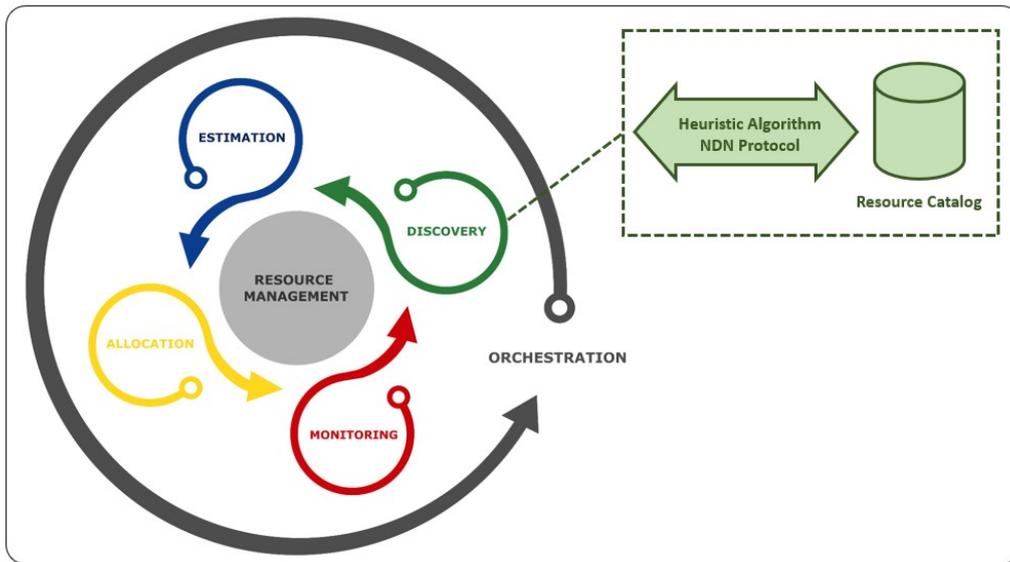
- **Arquitetura:** é classificada em duas subcategorias, que são distribuída e híbrida. Ambientes amplos e heterogêneos requerem o uso de uma arquitetura distribuída, que utiliza estruturas P2P para melhorar o desempenho, reduzir a latência e aprimorar a escalabilidade. Já a arquitetura híbrida usa uma combinação de métodos centralizados e distribuídos, sendo que seus principais critérios incluem escalabilidade, melhoria de custos, tempo e compatibilidade;
- **Algoritmo:** utiliza abordagens heurísticas que estão relacionadas à seleção e descoberta de recursos convenientes em ambientes grandes e heterogêneos; e meta-heurísticas que são baseadas em algoritmos evolutivos, que ajudam a reduzir a latência, otimizar o consumo de energia e melhorar a qualidade;
- **Middleware:** compreende subcategorias de componentes para criar uma dependência mínima entre os elementos, e baseada em nós cujo objetivo é coletar dados de sensores e processá-los;
- **Protocolo:** tem como objetivo identificar e detectar dispositivos, sensores e atuadores disponíveis para várias aplicações de IoT.

Baseado nisto e também na nossa definição da etapa de descoberta de recursos apresentadas em [Jr. et al. 2023], que indica que "a descoberta é a tarefa do serviço de gerenciamento de recursos que visa encontrar os recursos disponíveis no ambiente de *fog computing*, mantendo o catálogo de recursos atualizado", uma proposta para a descoberta de recursos é apresentada a seguir.

## 3. Proposta

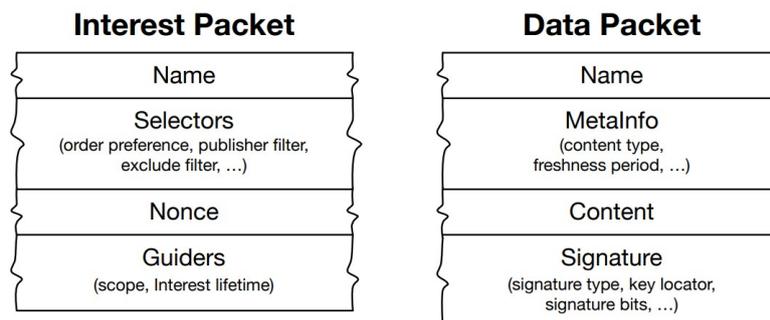
A Figura 1 apresenta uma visão geral da proposta para descoberta de recursos na computação em névoa. Ela foi elaborada considerando a arquitetura altamente distribuída da computação em névoa.

Para a busca dos recursos foi desenvolvido um algoritmo heurístico. Nesse tipo de solução, as decisões são baseadas apenas nas informações disponíveis, sem se preocupar com os efeitos futuros de tais decisões, fazendo assim a escolha localmente ótima em cada etapa da execução. O objetivo é encontrar uma solução global boa, e não necessariamente ótima. Portanto, são considerados fáceis de implementar e eficientes [?]. Especificamente para a proposta de descoberta que visa encontrar os recursos disponíveis baseado em um ou mais critérios de seleção, como por exemplo a latência.



**Figura 1. Visão geral da proposta para descoberta de recursos.**

Para a comunicação com os dispositivos também foi necessário utilizar um protocolo de comunicação. Atualmente na literatura é possível encontrar propostas que utilizam diversos tipos de protocolos, entre os quais o Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) [Khalil et al. 2020], o Constrained Application Protocol (CoAP) [Datta et al. 2015], e o Open Communication Foundation (OCF) [Jin and Kim 2018]. Para a nossa proposta, no entanto, foi escolhido o protocolo Named Data Networking (NDN), que é conduzido pelos consumidores de dados, por meio da troca de pacotes de Interesse e Dados [Zhang et al. 2014], conforme apresentado na Figura 2. Atrelado ao algoritmo de descoberta, o protocolo NDN será fundamental para obter as informações e a descrição dos *fog nodes*.



**Figura 2. Pacotes de Interesse e Dados da NDN [Zhang et al. 2014].**

Para completar a solução proposta, as informações sobre os *fog nodes* serão registradas em um banco de dados NoSQL (Cassandra, por exemplo) que será utilizado para manter atualizado o Catálogo de Recursos que será consumido pelas outras etapas do gerenciamento, principalmente para a alocação e para a orquestração.

#### 4. Considerações Finais

Este artigo apresentou uma proposta para o processo de descoberta de recursos na computação em névoa, que possui características diferentes de diversos outros paradigmas computacionais, tais como a alta distribuição geográfica, a heterogeneidade e o alto volume dos dispositivos.

Na proposta apresentada, estes desafios são contornados pela aplicação de um algoritmo heurístico que visa buscar uma solução global boa, e não necessariamente ótima, a cada execução dada a dinamicidade que a computação em névoa requer. Além disso, é utilizado o protocolo NDN para a busca e a descrição de recursos, dados estes a serem registrados em um banco de dados para posterior consulta das demais etapas do gerenciamento de recursos.

Como trabalhos futuros estão previstas a implementação da proposta em simuladores e posterior construção em laboratório e, ainda, em ambientes reais, para a validação da efetividade da solução apresentada.

#### Referências

- Datta, S. K., Da Costa, R. P. F., and Bonnet, C. (2015). Resource discovery in internet of things: Current trends and future standardization aspects. In *2015 IEEE 2nd world forum on internet of things (WF-IoT)*, pages 542–547. IEEE.
- Goudarzi, P., Rahmani, A. M., and Mosleh, M. (2022). Resource discovery approaches in cloudiot: a systematic review. *The Journal of Supercomputing*, pages 1–29.
- Jin, W. and Kim, D. (2018). Consistent registration and discovery scheme for devices and web service providers based on raml using embedded rd in ocf iot network. *Sustainability*, 10(12):4706.
- Jr., J. B., Costa, B., Carvalho, L. R., Rosa, M. J. F., and Araujo, A. (2023). Computational resource allocation in fog computing: A comprehensive survey. *ACM Comput. Surv.* Just Accepted.
- Katoh, N. and Ibaraki, T. (1998). Resource allocation problems. In *Handbook of combinatorial optimization*, pages 905–1006. Springer.
- Khalil, K., Elgazzar, K., Seliem, M., and Bayoumi, M. (2020). Resource discovery techniques in the internet of things: a review. *Internet of Things*, 12:100293.
- Masip, X., Marín, E., Garcia, J., and Sánchez, S. (2020). Collaborative mechanism for hybrid fog-cloud scenarios. *Fog and Fogonomics: Challenges and Practices of Fog Computing, Communication, Networking, Strategy, and Economics*, pages 7–60.
- Naha, R. K., Garg, S., Georgakopoulos, D., Jayaraman, P. P., Gao, L., Xiang, Y., and Ranjan, R. (2018). Fog computing: Survey of trends, architectures, requirements, and research directions. *IEEE Access*, 6:47980–48009.
- Toczé, K. and Nadjm-Tehrani, S. (2018). A Taxonomy for Management and Optimization of Multiple Resources in Edge Computing. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018.
- Zhang, L., Afanasyev, A., Burke, J., Jacobson, V., Claffy, K., Crowley, P., Papadopoulos, C., Wang, L., and Zhang, B. (2014). Named data networking. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 44(3):66–73.