

# Uma análise sobre Gerenciamento de Recursos na 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 computational resources and services at the edge of the network, closer to the end devices and users, with lower latency, complementing cloud computing. The heterogeneity and large number of devices are challenges to obtain optimized resource provisioning in this environment. Although some publications have dealt with resource management in fog computing, there no concensus about the steps that compose it. To fill the gap, this article presents an analysis and proposes a definition to the resource provisioning 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 e o grande número de dispositivos são desafios para obter provisionamento de recursos otimizado neste ambiente. Embora algumas publicações tenham contextualizado o gerenciamento de recursos na computação em névoa, não há nenhum consenso sobre as etapas que compõem este processo. Para preencher esta lacuna, este artigo apresenta uma análise e propõe uma definição para o provisionamento 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 provisionamento de recursos, que objetiva fornecer, de maneira adequada, os recursos computacionais para que o serviço ou aplicação possa atingir metas de desempenho e de qualidade de serviço definidas. Em um ambiente de computação em névoa é predominante a utilização de contextos muito ativos e dinâmicos como o da Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT), atrelado à competição pelo compartilhamento dos recursos computacionais alocados, podendo levar o ambiente a eventos imprevisíveis, como indisponibilidade do serviço, tempo de resposta elevado e diminuição

da confiabilidade. Com isso, existem barreiras para a utilização de conceitos de provisionamento de recursos aplicados em outros paradigmas computacionais até então, como a computação em nuvem, por exemplo, exigindo o desenvolvimento de novas propostas.

Nos últimos anos, algumas pesquisas foram publicadas sobre o gerenciamento de recursos para computação em névoa. No entanto, ainda não há na literatura um conceito bem definido de quais são, de fato, as etapas que compõem este processo, variando entre os autores a quantidade e a definição de cada atividade, tais como estimativa, descoberta, alocação, desalocação, provisionamento, monitoramento, orquestração, entre outros.

Neste sentido, este trabalho objetiva apresentar uma análise sobre algumas publicações sobre o provisionamento de recursos para computação em névoa, apresentando, ao final, uma contextualização e uma definição para provisionamento de recursos para este recente paradigma computacional.

## **2. Gerenciamento de Recursos em Fog Computing**

O provisionamento de recursos é relevante em diversas áreas de pesquisa porque objetiva a utilização otimizada dos recursos disponíveis. No entanto, embora existam diversas pesquisas sobre o tema, não há uma definição clara e bem difundida sobre qual é, de fato, o escopo do provisionamento de recursos no ambiente computacional, sendo comumente também referenciado como alocação de recursos [Toczé and Nadjm-Tehrani 2018] ou ainda como gerenciamento de recursos [Manvi and Krishna Shyam 2014].

Com o crescimento da Computação em Névoa, foram publicadas nos últimos anos algumas revisões de literatura que buscaram contextualizar o gerenciamento de recursos e, conseqüentemente, o provisionamento de recursos, especificamente para este paradigma computacional. Algumas destas pesquisas são apresentadas, em ordem cronológica, nos próximos parágrafos.

No trabalho apresentado por Ghobaei-Arani et al. [Ghobaei-Arani et al. 2019], as etapas que compõem o gerenciamento de recursos são: distribuição da aplicação, agendamento, descarregamento, balanceamento, alocação e provisionamento. Para os autores, o problema de alocação de recursos é diferente nos ambientes de computação em nuvem e em névoa, uma vez que na computação em névoa é necessário alocar com eficiência um conjunto de nós heterogêneos que estão distribuídos geograficamente para atender serviços e aplicações de IoT, que demandam diferentes requisitos de qualidade de serviço. Nesse caso, o provisionamento de recursos desempenha função similar a monitoração das mudanças que podem ocorrer nas cargas de trabalho, objetivando evitar a sub-utilização ou a falta de recursos computacionais.

No trabalho apresentado por Hong e Varghese [Hong and Varghese 2019], é apresentada uma classificação para os algoritmos voltados para o gerenciamento de recursos em computação em névoa, utilizando 4 categorias: Descoberta, para identificar os recursos que podem ser usados para computação distribuída; Benchmarking, para obter o desempenho dos recursos para a tomada de decisões e maximizar o desempenho das implantações; Balanceamento, para distribuir cargas de trabalho entre recursos com base em diferentes critérios; e Distribuição para identificar os recursos apropriados para a implantação da carga de trabalho.

Para Habibi et al. [Habibi et al. 2020], o gerenciamento de recursos pode ser di-

vidido entre as seguintes tarefas: distribuição do serviço e máquina virtual, atribuição de tarefas, alocação de recursos, descarregamento e *caching*. Neste caso, o provisionamento de recursos está inserido na tarefa de alocação dos recursos que é considerada essencial para maximizar a eficiência do ambiente da computação em névoa.

Em [Mahmud et al. 2020] é apresentada uma diferenciação entre gerenciamento de recursos e gerenciamento de aplicações. Segundo os autores [Mahmud et al. 2020], sem um gerenciamento eficiente das aplicações, os recursos computacionais não podem ser explorados completamente e vice-versa. Assim sendo, os autores indicam que o gerenciamento de recursos em fog computing engloba as operações administrativas, tais como implantação, virtualização e monitoramento, além de tarefas como balanceamento de carga, provisionamento dinâmico e dimensionamento automático para garantir a disponibilidade do serviço.

Diante da diversidade de conceitos apresentados se faz necessária a atribuição de uma definição para o termo “provisionamento de recursos” considerando que ele objetiva fornecer, de maneira adequada, os recursos computacionais para que o serviço ou aplicação possa atingir metas de desempenho e de qualidade de serviço definidas.

Um ponto fundamental para o provisionamento de recursos está relacionado a estratégia de abordagem, que pode ser estática ou dinâmica. Na abordagem estática, os recursos são alocados sem considerar qualquer possível variação na execução da carga de trabalho, sendo portanto constante. Já na abordagem dinâmica, os recursos são monitorados para permitir uma adequação de acordo com a carga de trabalho que está sendo executada.

Outro ponto importante está relacionado à definição de métricas para o provisionamento de recursos. É através delas que a abordagem da alocação dos recursos é direcionada, considerando critérios tais como custo, tempo de execução, experiência do usuário, entre outros.

## **2.1. Etapas do Provisionamento**

Baseado nesta contextualização, para a delimitação do escopo deste trabalho, definiu-se que independentemente da estratégia de implantação adotada, seja ela estática ou dinâmica, “o provisionamento de recursos em computação em névoa compreende as etapas de estimativa, descoberta e alocação de capacidade computacional que permita a execução das tarefas de uma carga de trabalho, objetivando a otimização indicada nos termos de qualidade de serviço”. Uma vez provisionados, os recursos devem ser monitorados, até que sejam desalocados e se tornem novamente disponíveis. A Figura 1 demonstra o ciclo de gerenciamento de recursos esperado. Já a Figura 2 apresenta um comparativo das etapas da nossa proposta em relação aos demais trabalhos apresentados na Seção 2. Uma breve descrição de cada uma destas tarefas é apresentada na sequência.

### **2.1.1. Estimativa de Recursos**

Um dos principais requisitos no gerenciamento de recursos é a capacidade de estimar quantos recursos serão necessários para a execução de uma tarefa [Toczé and Nadjm-Tehrani 2018]. Este processo trata-se de uma estimativa aproximada



**Figura 1. Ciclo de Gerenciamento de Recursos em Computação em Névoa.**

Provisionamento	Monitoração			
Alocação	Dimensionamento			
Balanceamento	Provisionamento	Descarregamento	Distribuição	
Descarregamento	Balanceamento	Alocação	Balanceamento	
Agendamento	Virtualização	Atribuição	Benchmarking	Monitoração
Distribuição	Implantação	Distribuição	Descoberta	Provisionamento
Ghobaei-Arani et al.	Mahmud et al.	Habibi et al.	Hong e Varghese	Nossa Proposta

**Figura 2. Comparação com Trabalhos Relacionados.**

dos recursos reais necessários para a execução de uma aplicação, geralmente com algum pensamento ou cálculo envolvido.

O planejamento da capacidade para a computação em névoa pode envolver outras perspectivas além dos recursos computacionais, tais como a precificação e o consumo de energia. Além disso, a estimativa de recursos também depende do tipo de dispositivo, da mobilidade, da energia disponível, dos tipos de dados a serem gerados ou processados, do método de comunicação, das medidas de segurança adotadas e, ainda, do comportamento do usuário.

### 2.1.2. Descoberta de Recursos

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 os ambientes de IoT. Atrelado a isso, como no ambiente da computação em névoa nem todos os recursos estão sob o controle do sistema durante todo o tempo e ainda possuem alta volatilidade, é importante ter a informação de quais recursos estão disponíveis para uso, onde estão localizados e por quanto tempo eles estarão disponíveis para uso.

Desta forma, é possível afirmar que enquanto o processo da estimativa está relacionado à demanda (ou procura) por recursos, o processo da descoberta está relacionado à oferta dos recursos disponíveis.

### 2.1.3. Alocação de Recursos

A Etapa de Alocação é responsável por disponibilizar os recursos para que eles fiquem prontos para a execução das tarefas, atendendo aos critérios de qualidade de serviço que foram definidos.

Uma vez concluído o processo de provisionamento de recursos, inicia-se o processo de monitoração. Nele são considerados aspectos como elasticidade, balanceamento, tolerância a falhas, entre outros. O processo de monitoração é fundamental, ainda, para a desalocação dos recursos, tornando-os novamente disponíveis para um novo provisionamento.

## 3. Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma análise sobre o gerenciamento de recursos na computação em névoa, partindo da avaliação de algumas publicações, sendo possível indicar que não existe uma padronização na literatura sobre quais etapas compõem, de fato, o gerenciamento de recursos.

Para tanto, foi apresentada uma proposta composta pelos processos de provisionamento e monitoração, sendo o primeiro composto pelas etapas de descoberta, estimativa e alocação de recursos. Embora esta proposta se apresente com menos etapas quando comparada às demais publicações analisadas, ela atende a completude das tarefas esperadas para o escopo do gerenciamento de recursos.

Trabalhos futuros abordarão revisões da literatura e elaboração de propostas para métodos computacionais a serem utilizados nas três etapas (estimativa, descoberta e alocação) do provisionamento de recursos.

## Referências

- Ghobaei-Arani, M., Souri, A., and Rahmanian, A. A. (2019). Resource management approaches in fog computing: a comprehensive review. *Journal of Grid Computing*, pages 1–42.
- Habibi, P., Farhoudi, M., Kazemian, S., Khorsandi, S., and Leon-garcia, A. (2020). Fog Computing : A Comprehensive Architectural Survey. *IEEE Access*, PP:1.
- Hong, C.-H. and Varghese, B. (2019). Resource management in fog/edge computing: A survey on architectures, infrastructure, and algorithms. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 52(5):97.
- Mahmud, R., Ramamohanarao, K., and Buyya, R. (2020). Application Management in Fog Computing Environments : A Taxonomy , Review and Future Directions. 1(1).
- Manvi, S. S. and Krishna Shyam, G. (2014). Resource management for Infrastructure as a Service (IaaS) in cloud computing: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 41(1):424–440.
- 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.