

SeLPI: Um Middleware para a Intermediação da Execução de Serviços para Dispositivos da Internet das Coisas de Baixa Performance

Vinícius Marcos Rodrigues Vieira ¹, Bolsista (IFMG), Sistemas de Informação, Campus Ouro Branco, Ouro Branco – MG, vinicius-3_@hotmail.com; **Marcus Vinícius Faria Santos** ², Bolsista (IFMG), Técnico Integrado, Campus Ouro Branco, Ouro Branco – MG, marcus_fs@hotmail.com; **Charles Tim Batista Garrocho** ³, Pesquisador do IFMG, Campus Ouro Branco, charles.garrocho@ifmg.edu.br;

RESUMO

Um grande volume de dados (big data) gerado pelos dispositivos da Internet das Coisas (IoT), é esperado nos próximos anos. Este cenário cria desafios para enviar, processar e armazenar todos os dados na nuvem. Para resolver tais desafios, trabalhos recentes propõem uma descentralização do processamento e armazenamento em dispositivos próximos do usuário. Entretanto, nem sempre um dispositivo próximo do usuário pode executar serviços com o mesmo desempenho que dispositivos da nuvem e névoa. Com o objetivo de identificar o dispositivo ideal para execução de um serviço, é apresentado um middleware capaz de gerenciar e intermediar a execução de serviços da computação em nuvem, névoa, orvalho e IoT para dispositivos de baixo desempenho de processamento, armazenamento e comunicação. Para avaliar a viabilidade do middleware, é desenvolvido e experimentado em dois cenários uma prova de conceito voltada a internet industrial das coisas, com o objetivo de avaliar serviços de tempo real executados pelo middleware proposto. Os resultados mostram a importância que o middleware têm na aplicação da hierarquia da computação distribuída e escalonável, possuindo como principal vantagem a redução do tempo na execução de serviços aos dispositivos IoT de baixa performance.

Palavras-Chave: Nuvem, Névoa, Orvalho, Middleware.

INTRODUÇÃO:

Nos próximos anos, é esperado o surgimento de milhões de novos dispositivos com capacidade de processar informações e interagir com o ambiente de maneira inteligente e independente. Contudo, a integração desses novos dispositivos para beneficiar simultaneamente diferentes setores da sociedade demanda grandes desafios, como parte do que está sendo chamada a Internet das Coisas (CHEN, 2017). A ascensão da IoT, redes sociais e conteúdos multimídia, contribuirão para um aumento contínuo no volume e no detalhamento dos dados capturados pelas organizações, que produzirão um fluxo avassalador de dados (VASSAKIS, PETRAKIS e KOPANAKIS, 2018).

Essa inundação de dados é frequentemente denominada de big data (grande conjunto de dados armazenados) devido aos desafios que ela representa para a infraestrutura existente, por exemplo, na transferência, armazenamento e processamento dos dados (YANG, et al., 2017). O big data está transformando a saúde, a ciência, a engenharia, as finanças, os negócios e, por fim, a sociedade. Um grande desafio para os pesquisadores e profissionais é que essa taxa de crescimento dos dados exceda a

capacidade de projetar plataformas apropriadas de computação em nuvem para análise de dados e atualização de cargas de trabalho intensivas.

Recentemente, a computação em névoa vem atraindo interesse pelo seu potencial de satisfazer requisitos que não são atendidos pelo modelo centralizado da computação em nuvem (MAHMUD, KOTAGIRI, BUYYA, 2018). O paradigma de computação em névoa estende os recursos computacionais disponíveis na computação em nuvem para a borda da rede visando apoio às soluções da IoT. Dessa forma, possibilita a execução de aplicativos em milhões de objetos conectados para fornecer dados, processamento, armazenamento e serviços aos usuários. Fomentando uma importante mudança de um modelo centralizado para um modelo descentralizado (PRAMANIK, et al., 2018).

Após ampla aceitação da computação em névoa, surge um novo paradigma denominado computação em orvalho (RAY, 2018). Enquanto a computação em névoa contribui para a IoT fazendo bom uso dos dispositivos de borda das redes, a computação em orvalho contribui para a IoT fazendo bom uso de dispositivos locais que estão em proximidade do usuário, possibilitando uma maior descentralização dos serviços da computação em nuvem. Portanto, conforme ilustrado na Figura 1, atualmente a hierarquia da computação distribuída e escalável é composta por três camadas: Computação em Nuvem, Computação em Névoa e Computação em Orvalho (SKALA, et al., 2015).

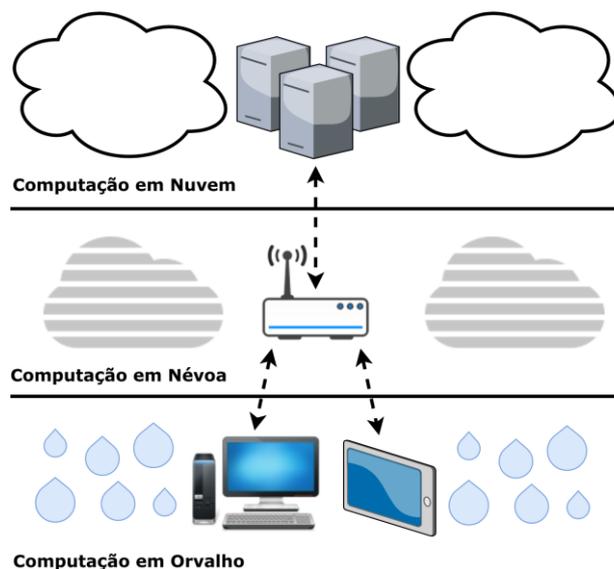


Figura 1: Hierarquia da computação distribuída e escalável.

Apesar dos benefícios da descentralização da computação em nuvem através da computação em névoa e orvalho, dispositivos LPIoT (Low Performance IoT) introduzem requisitos de desempenho de processamento e comunicação que não podem ser facilmente alcançáveis por dispositivos da computação em névoa e orvalho (MALIK, OM, 2018). Como a pontualidade pode ser fortemente afetada por questões de imprevisibilidade, as aplicações em tempo real são principalmente suscetíveis a desafios de desempenho (BALLAS, et al., 2018). Entretanto, obter um desempenho de rede estável e aceitável para alcançar a nuvem é um grande desafio, considerando que o aumento de banda larga não seguiu a evolução do armazenamento e processamento.

Portanto, avaliar as capacidades de processamento e comunicação de dispositivos da nuvem, névoa, orvalho, e até mesmo de dispositivos HPIoT (High Performance IoT) se torna fundamental para identificar qual dispositivo pode executar um serviço para um dispositivo LPIoT com o melhor desempenho em termos de processamento e comunicação. Diversos trabalhos (MANE, AGRAWAL, 2017; GUSEV, 2017; RISTESKA, TRIVODALIEV, DAVCEV, 2017; AL-JAROODI, MOHAMED, 2018; FRINCU, 2017) propõem a execução de serviços em diferentes dispositivos da hierarquia da computação distribuída e escalável para os dispositivos LPIoT. Entretanto, não foram encontrados trabalhos que investiguem a integração dessa hierarquia e a análise do desempenho de tais dispositivos para a execução de serviços para dispositivos LPIoT.

Para preencher esta lacuna, é proposto um middleware capaz de identificar o dispositivo com melhor desempenho e comunicação para execução de um serviço para um dispositivo LPIoT. O middleware SeLPI (Services for Low Performance Internet of Things) realiza o gerenciamento de serviços que dispositivos da nuvem, névoa, orvalho e IoT podem executar. Através do gerenciamento, SeLPI identifica o dispositivo que possui o melhor desempenho em termos de processamento e comunicação para execução de um serviço solicitado por um dispositivo LPIoT.

Com o objetivo de avaliar o papel do middleware na intermediação da execução de serviços para dispositivos LPIoT, foi desenvolvido uma prova de conceito. Através desta prova de conceito, foi possível avaliar e discutir os benefícios da utilização desta proposta. Os resultados desta avaliação mostraram que a identificação eficiente e adequada de dispositivos para executarem serviços para dispositivos LPIoT, realizada por SeLPI, permitiu um menor tempo total de execução de serviços e conseqüentemente um melhor aproveitamento dos recursos dos dispositivos da nuvem, névoa, orvalho e IoT.

METODOLOGIA:

O principal objetivo do middleware é identificar o dispositivo com melhor desempenho de processamento e comunicação para execução de um serviço para um dispositivo LPIoT que não possui capacidade suficiente para a tarefa. Este benefício só foi possível de avaliar através de dois experimentos reais realizados com objetivo de mensurar o tempo total de execução de serviços em diferentes níveis da hierarquia da computação em nuvem, névoa, orvalho e IoT. O serviço executado na nuvem foi hospedado através da AWS (Amazon Web Services), que é uma plataforma que oferece serviços de computação em nuvem. O serviço executado na névoa foi através de um desktop que já era utilizado no laboratório como um servidor. O serviço executado no orvalho foi através de um smartphone com o SO Android. O serviço executado no IoT foi através de uma placa da BeagleBone Blue. Por fim, o serviço executado no LPIoT, foi gerenciado por uma placa onion omega2+. Todos os dispositivos possuíam comunicação Wi-Fi de um roteador presente no laboratório.

Cada um dos dois experimentos realizados, são compostos por três métricas:

- **Processamento:** tempo em que o dispositivo que fornece um serviço gasta para realizar apenas o processamento das operações que envolvam o serviço. Neste caso, dentro do código da aplicação do dispositivo fornecedor é realizado o cálculo do tempo gasto para a execução do serviço. Ao retornar o resultado da execução do serviço, o dispositivo fornecedor também envia o tempo de processamento para o middleware que solicitou a execução do serviço;

- **Rede:** tempo em que o middleware gasta, através da rede de comunicação, para realizar o encaminhamento da mensagem de solicitação de execução do serviço ao dispositivo fornecedor, mais o tempo gasto para realizar o recebimento do resultado da execução do serviço. Para isso, o middleware calcula o tempo gasto desde a solicitação até o recebimento do resultado, e neste tempo é realizada uma subtração do tempo de processamento pelo dispositivo fornecedor;
- **Middleware:** tempo que o middleware gasta, durante o processamento de seus módulos internos. Aqui o middleware avalia o dispositivo com menor tempo de execução.

Nos primeiro e segundo experimento, através do middleware, foi avaliado o tempo total de execução de serviços LPC (Low Performance Computing) e HPC (High Performance Computing). O objetivo é avaliar o tempo de execução dos serviços LPC e HPC entre o LPIoT e todos os demais dispositivos de cada nível da hierarquia da computação (nuvem, névoa, orvalho e IoT), e identificar quais dispositivos possuem melhor desempenho para executar os serviços LPC e HPC.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Antes de avaliar os resultados dos experimentos, é importante resaltar que, o objetivo principal é mostrar a real importância do middleware para o ambiente IoT. Os resultados dos experimentos, foram analisados e discutidos de forma a serem utilizados para realizar a categorização dos serviços do middleware SeLPI. Para isso, foi avaliado os tempos de execução de serviços que os dispositivos LPIoT necessitam para executar suas tarefas. A Figura 2 mostra os resultados do primeiro experimento envolvendo serviços LPC, enquanto que na Figura 3 são ilustrados os resultados dos experimentos envolvendo serviços HPC. Como apenas o tempo de rede houve variação significativa, foi definido por não exibir a taxa de erro das demais métricas, de forma a facilitar a visualização dos dados.

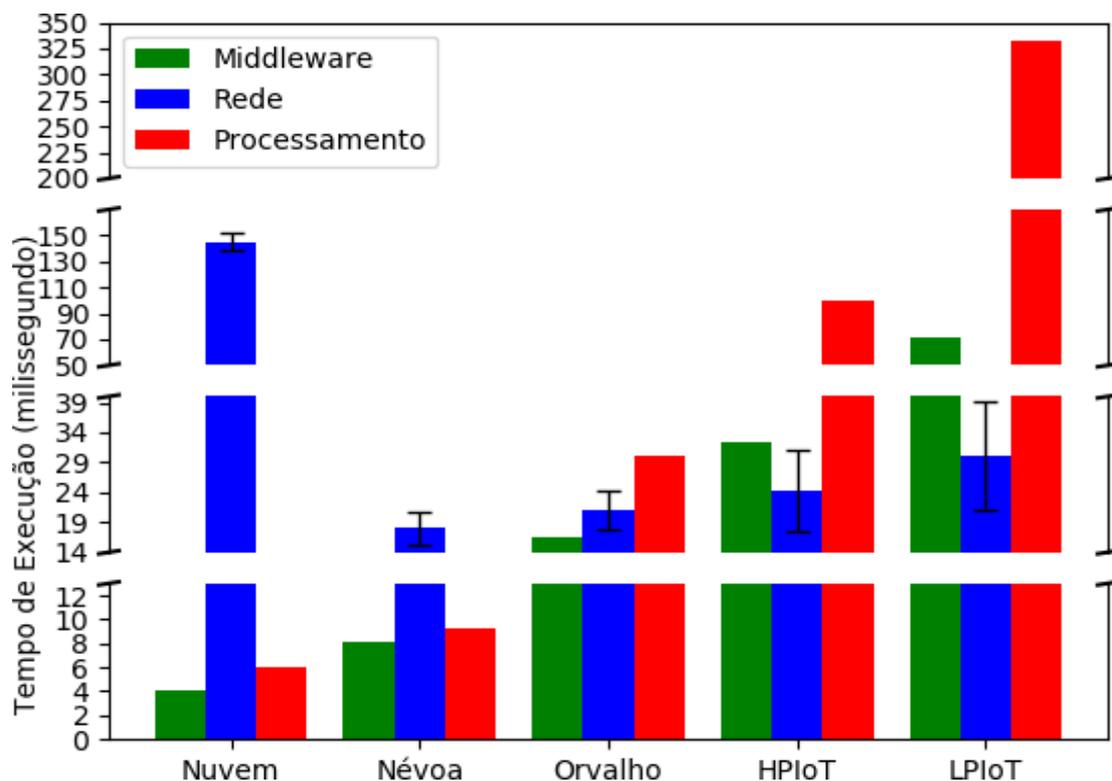


Figura 2: Resultados do experimento envolvendo serviços LPC.

Os resultados do primeiro experimento, ilustrados na Figura 2, mostraram que o tempo de execução do serviço LPC no LPIoT é inviável para a execução e atualização de suas tarefas. Neste experimento, o dispositivo que demonstrou melhor desempenho para a execução de serviço LPC foi o dispositivo da névoa. O desempenho de execução dos serviços LPC em dispositivos orvalho também apresentou bom resultado, com um baixo tempo de execução. Já os dispositivos IoT e nuvem não apresentaram bons desempenhos para execução de serviços LPC em comparação com os demais dispositivos. O tempo de execução do dispositivo nuvem se deve principalmente por causa do tempo de rede. Por estar localizado geograficamente mais longe que os demais dispositivos, a maior parte do tempo é perdido com o transporte das mensagens. Já o tempo de execução do dispositivo IoT se deve principalmente pelas suas limitações de hardware.

Assim, através dos resultados do primeiro experimento, é possível avaliar que a melhor abordagem para execução de serviços LPC para o LPIoT é o dispositivo névoa. Devido as características de hardware e proximidade com o LPIoT, o dispositivo névoa conseguiu executar o serviço LPC com a metade do tempo que o dispositivo orvalho, que foi o segundo melhor dispositivo a executar esse serviço LPC. Portanto, é possível avaliar que para serviços LPC, o middleware SeLPI deve redirecionar as solicitações para dispositivos névoa, orvalho e IoT, evitando o dispositivo nuvem.

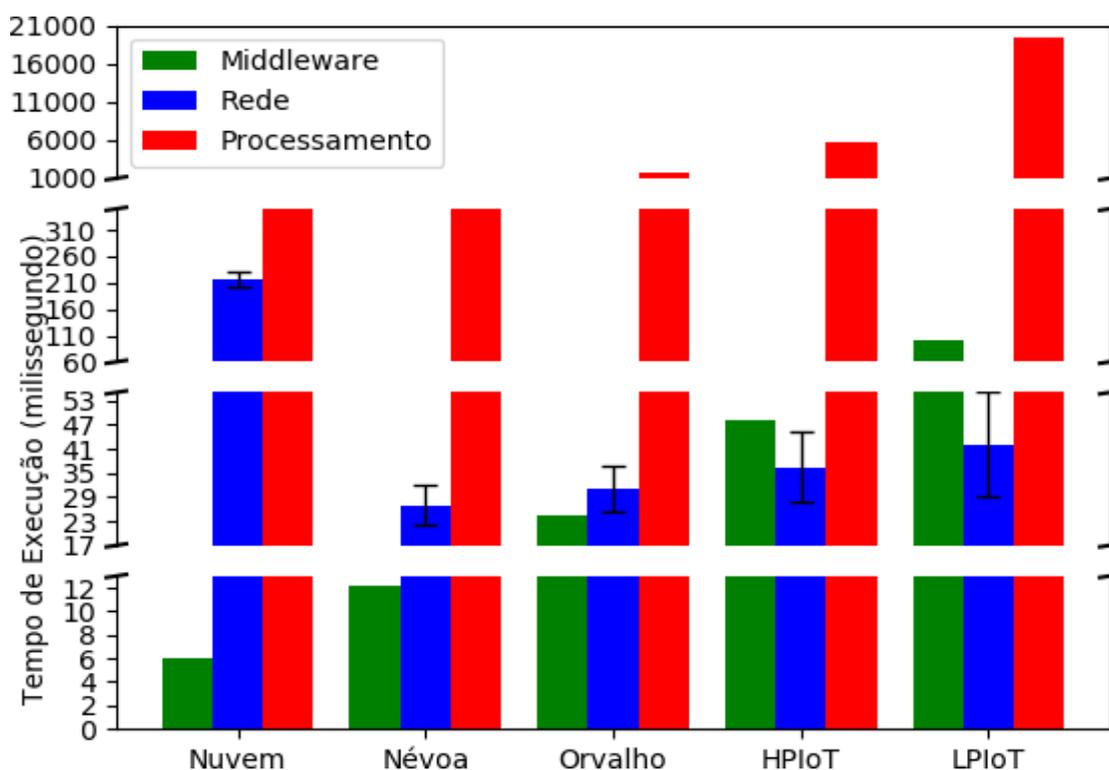


Figura 3: Resultados do experimento envolvendo serviços HPC.

Os resultados do segundo experimento, ilustrados na Figura 3, mostraram que o tempo de execução do serviço HPC no LPIoT é inviável, ainda mais considerando que o LPIoT necessita de realizar esse processamento diversas. Neste experimento, o dispositivo que demonstrou melhor desempenho para a execução de serviço HPC foi o dispositivo da nuvem. O desempenho de execução dos serviços HPC no dispositivo névoa também apresentou bom resultado. Já os dispositivos orvalho e IoT não apresentaram bom desempenho para execução de serviços HPC em comparação com os demais dispositivos. Dispositivos orvalho e IoT demonstraram que não possuem especificação de hardware suficiente para execução serviços HPC. Além disso, no segundo experimento, o tempo de rede é consideravelmente baixo para todos dispositivos, exceto o dispositivo nuvem que gastou 30% do tempo com o transporte de mensagens.

Assim, através dos resultados do segundo experimento, é possível avaliar que, devido as características de hardware, o dispositivo nuvem apresentou o melhor desempenho para execução de serviços HPC. Entretanto, como a diferença de tempo entre dispositivos nuvem e névoa foi pequeno, é possível avaliar que, para serviços HPC, o middleware SeLPI deve redirecionar as solicitações para dispositivos névoa ou nuvem, evitando os dispositivos orvalho e IoT.

CONCLUSÕES:

Após a prospecção deste artigo foi possível perceber que a área de integração da computação em nuvem, névoa, orvalho e IoT ainda tem muito a ser explorada. As soluções catalogadas mostram que não existe uma abordagem que satisfaz todas as necessidades que o desenvolvimento destes tipos de computação exigem. Além disso, dentro desse conjunto de abordagens, cada autor tenta resolver um ou mais problemas, usando as mais variadas técnicas e métodos.

Diante dessa heterogeneidade de soluções de sistemas, este artigo propôs, fundamentou e esquematizou SeLPI, uma nova abordagem de middleware que realiza a intermediação da execução de serviços de dispositivos da nuvem, névoa, orvalho e IoT para dispositivos LPIoT baseado em um processo de análise do tipo de serviço a ser executado. Este processo permite definir o dispositivo com melhor desempenho para a execução de um serviço para dispositivos com baixo desempenho de processamento e armazenamento, contribuindo assim para a evolução da Computação Pervasiva.

Uma prova de conceito foi desenvolvida e testes realizados mostraram em experiências reais a eficiência de SeLPI na análise do desempenho da execução de serviços em diferentes dispositivos da computação em nuvem, névoa, orvalho e IoT. A partir dos testes executados foi possível perceber que esse processo de análise de desempenho possui como principal qualidade a redução do tempo de execução de serviço para um dispositivo IoT.

Como trabalhos futuros, pretende-se estender os estudos, avaliando o uso de SeLPI em cenários simulados e com maiores quantidades de dispositivos, com o propósito de avaliar o seu comportamento na formação de rede e na troca de conteúdos entre os dispositivos móveis. Além disso, pretende-se avaliar o middleware em cenários com mobilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AL-JAROODI, Jameela; MOHAMED, Nader. PsCPS: A Distributed Platform for Cloud and Fog Integrated Smart Cyber-Physical Systems. IEEE Access, v. 6, p. 41432-41449, 2018.

BANDYOPADHYAY, Soma et al. Role of middleware for internet of things: A study. International Journal of Computer Science and Engineering Survey, v. 2, n. 3, p. 94-105, 2011.

BALLAS, Camille et al. Performance of video processing at the edge for crowd-monitoring applications. 2018.

CHEN, Edward T. The Internet of Things: Opportunities, Issues, and Challenges. In: The Internet of Things in the Modern Business Environment. IGI Global, 2017. p. 167-187.

- ESCAMILLA-AMBROSIO, P. J. et al. Distributing Computing in the Internet of Things: Cloud, Fog and Edge Computing Overview. In: NEO 2016. Springer, Cham, 2018. p. 87-115.
- FRINCU, Marc. Architecting a hybrid cross layer dew-fog-cloud stack for future data-driven cyber-physical systems. In: Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2017 40th International Convention on. IEEE, 2017. p. 399-403.
- GUSEV, Marjan. A dew computing solution for IoT streaming devices. In: Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2017 40th International Convention on. IEEE, 2017. p. 387-392.
- KRAWIEC, Piotr et al. Survey on technologies for enabling real-time communication in the web of things. In: Beyond the Internet of Things. Springer, Cham, 2017. p. 323-339.
- MAHMUD, Redowan; KOTAGIRI, Ramamohanarao; BUYYA, Rajkumar. Fog computing: A taxonomy, survey and future directions. In: Internet of everything. Springer, Singapore, 2018. p. 103-130.
- MALIK, Akash; OM, Hari. Cloud Computing and Internet of Things Integration: Architecture, Applications, Issues, and Challenges. In: Sustainable Cloud and Energy Services. Springer, Cham, 2018. p. 1-24.
- MANE, Tushar S.; AGRAWAL, Himanshu. Cloud-fog-dew architecture for refined driving assistance: The complete service computing ecosystem. In: Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB), 2017 IEEE 17th International Conference on. IEEE, 2017. p. 1-7.
- PRAMANIK, Pijush Kanti Dutta et al. Processing IoT Data: From Cloud to Fog—It's Time to Be Down to Earth. In: Applications of Security, Mobile, Analytic, and Cloud (SMAC) Technologies for Effective Information Processing and Management. IGI Global, 2018. p. 124-148.
- RAY, Partha Pratim. An Introduction to Dew Computing: Definition, Concept and Implications. IEEE Access, v. 6, p. 723-737, 2018.
- RISTESKA, Biljana; TRIVODALIEV, Kire; DAVCEV, Danco. Internet of things framework for home care systems. Wireless Communications and Mobile Computing, v. 2017, 2017.
- SETHI, Pallavi; SARANGI, Smruti R. Internet of things: architectures, protocols, and applications. Journal of Electrical and Computer Engineering, v. 2017, 2017.
- SKALA, Karolj et al. Scalable distributed computing hierarchy: Cloud, fog and dew computing. Open Journal of Cloud Computing (OJCC), v. 2, n. 1, p. 16-24, 2015.
- VASSAKIS, Konstantinos; PETRAKIS, Emmanuel; KOPANAKIS, Ioannis. Big Data Analytics: Applications, Prospects and Challenges. In: Mobile Big Data. Springer, Cham, 2018. p. 3-20.
- YANG, Chaowei et al. Big Data and cloud computing: innovation opportunities and challenges. International Journal of Digital Earth, v. 10, n. 1, p. 13-53, 2017.
- YAQOOB, Ibrar et al. Internet of things architecture: Recent advances, taxonomy, requirements, and open challenges. IEEE wireless communications, v. 24, n. 3, p. 10-16, 2017.