

Análise dos Algoritmos para a Composição de Relacionamentos entre Objetos na Internet das Coisas Social: um Estudo Exploratório

GUILHERME DALLMANN LIMA¹; **THALÍA DJUNE COSTA LONGARAY**²;
VINICIUS GONSALEZ CRUZ³; **LEANDRO DA SILVA CAMARGO**⁴;
ANA MARILZA PERNAS⁵; **ADENAUER CORREA YAMIN**⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas – {gdlima; tdclongaray; vgcruz; leandro.camargo; marilza; adenauer} @inf.ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

Com os crescentes avanços tecnológicos na computação embarcada, a Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* - IoT), tornou-se um paradigma bem definido no cenário atual da computação interconectada. Os objetos cotidianos estão sendo incorporados com tecnologias computacionais, como sensores, atuadores, dispositivos de comunicação, entre outros (SINGH et al., 2020). Atualmente, esses objetos têm a capacidade de interagir com outros objetos em sua vizinhança para coordenar e concluir tarefas necessárias a fim de alcançar resultados desejados (ROOPA et al., 2019).

Devido à capacidade atual dos objetos, um novo paradigma dentro da IoT está surgindo, hoje conhecido como Internet das Coisas Social (do inglês *Social Internet of Things* - SloT) (ROOPA et al., 2019). A SloT concentra-se nas interações e relacionamentos entre objetos. Seu principal objetivo é aprimorar a composição de serviços e enriquecer a experiência do usuário com base em relações sociais estabelecidas entre esses objetos (KHELLOUFI et al., 2020).

Nesse contexto, o gerenciamento de relações sociais entre os objetos torna-se uma questão importante para a estabilidade e segurança da sociedade em que os dispositivos estão inseridos. Com esse propósito, surge a abordagem *Virtual Interactions between Social Objects* - VISO (em português - Interações Virtuais entre Objetos Sociais). A finalidade da abordagem VISO é gerenciar as conexões entre objetos no âmbito da SloT, levando em consideração os *feedbacks* positivos e negativos emitidos pelos membros da sociedade (CAMARGO; PERNAS; YAMIN, 2022).

A estratégia adotada pela VISO para a composição dos relacionamentos é destacar o papel dos objetos mais adequados para estabelecer conexões com os novos membros dessa sociedade de objetos. A classificação desses objetos é determinada por seus pares após a troca de informações ou serviços prestados dentro da comunidade. Cada objeto emite uma avaliação do serviço prestado por seus colegas. O objeto que recebe o maior número de avaliações positivas é considerado o mais relevante dentro desse grupo de objetos (CAMARGO; PERNAS; YAMIN, 2022).

O objetivo deste trabalho é conduzir um estudo exploratório de algoritmos para a composição de relacionamentos entre objetos, dentro do contexto da abordagem VISO. Os algoritmos abordados neste estudo incluem o algoritmo de análise de *links* e os algoritmos para árvores geradoras mínimas. A análise dos algoritmos é realizada com base nas iterações executadas e na estrutura da sociedade de objetos. Nessa análise, são destacadas as contribuições de cada algoritmo para a composição dos relacionamentos na VISO e como isso otimiza a composição dos serviços.

2. METODOLOGIA

Foram conduzidos testes em ambiente simulado, ou seja, as interações ocorreram de forma hipotética entre os objetos, não representando situações reais. Essas interações foram geradas por meio do simulador SeSAM¹, resultando em dados que indicam qual objeto solicitou um serviço, qual objeto atendeu a esse serviço e o desfecho da ação, se positivo ou negativo.

Os algoritmos considerados têm a função de identificar as relações entre objetos mais relevantes na sociedade de objetos. A classificação é definida com base na quantidade de serviços prestados, seja positivamente ou negativamente. O objeto que acumular o maior número de serviços prestados positivamente, se tornará o mais relevante na sociedade.

Para avaliar os algoritmos, são utilizadas como métricas tanto a quantidade de interações executadas pelos algoritmos mencionados anteriormente quanto a estrutura do grafo. A execução dos algoritmos é realizada com base nos conjuntos de dados gerados pelo simulador.

O número de interações executadas durante a execução de um algoritmo constitui um indicador significativo de sua complexidade computacional. Essa complexidade computacional é comumente expressa e denotada como $O(N)$, onde N representa a entrada ou o tamanho do problema a ser resolvido.

Os algoritmos de Prim, Kruskal e PageRank, por definição, possuem diferentes complexidades computacionais. O Algoritmo de Prim possui a complexidade computacional $O(V^2)$, onde V indica a quantidade de objetos que a sociedade possui (CORMEN et al., 2002). Já o Algoritmo de Kruskal possui a complexidade computacional $O(E^* \log(E))$, em que E indica a quantidade de relações que a sociedade possui (CORMEN et al., 2002). O PageRank possui a complexidade de $O((N+M)^*l)$, onde N indica a quantidade de objetos na sociedade, M a quantidade de relações que os objetos possuem e l o número de interações executadas (CORMEN et al., 2002).

A complexidade de cada algoritmo é definida em função de fatores particulares, que podem ser o número de arestas ou de vértices da sociedade dos objetos. Sendo assim, infere-se que a eficiência de execução dos algoritmos é inerente a estrutura da sociedade e, a partir disso, é possível identificar o nível de adequação dos mesmos em diferentes cenários.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os algoritmos analisados para a classificação dos relacionamentos entre objetos da IoT foram testados em diferentes cenários, alterando o número de objetos e o volume de interações ou relacionamentos estabelecidos no ambiente. A Figura 1 considera o desempenho dos algoritmos de Prim, Kruskal e PageRank, em cenário com 250 objetos e a variação das interações de 5.000, 10.000 até 25.000. Foram consideradas na medição do desempenho apenas as interações com *feedback* positivo, ou seja, que o solicitante avaliou o serviço prestado pelo provedor como sendo relevante e satisfatório.

Como os algoritmos de Prim e de Kruskal demandam peso nas arestas, o PageRank foi executado previamente atribuindo tais valores. Nesse sentido, os percentuais de interações apresentados na Figura 1 computam os custos do

¹ <https://sourceforge.net/projects/sesam/>

próprio algoritmo e desse cálculo do peso das arestas. O PageRank é executado apenas uma única vez para atribuir o peso das arestas.

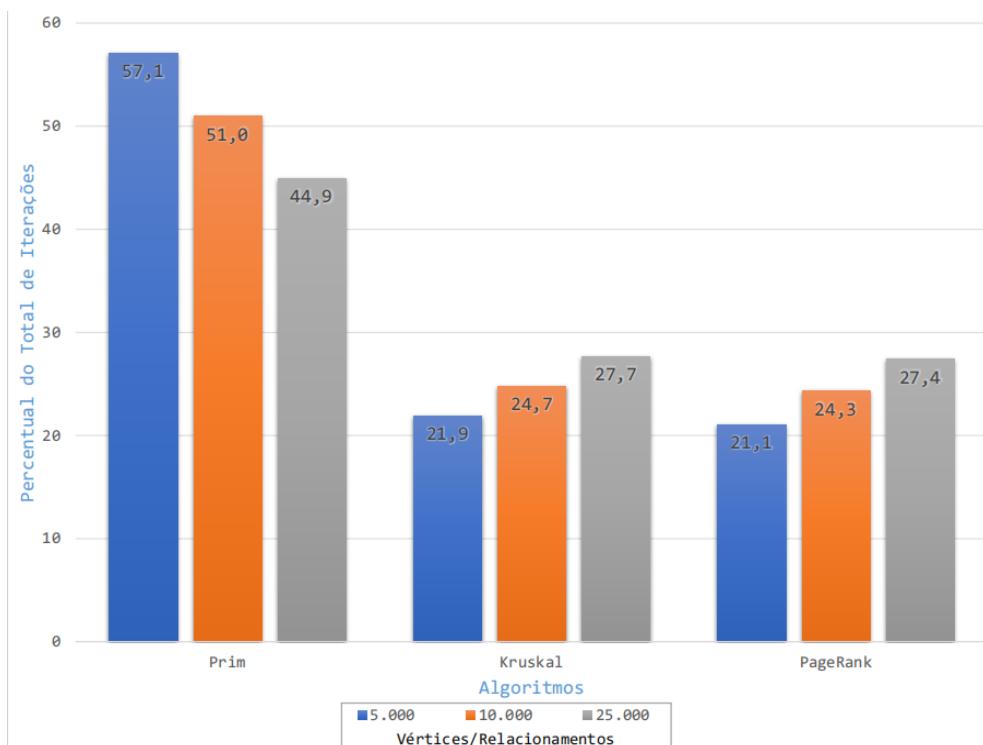


Figura 1 - Percentual de iterações demandadas pelos algoritmos analisados

Ao analisarmos a Figura 1, é possível inferir que o algoritmo de Kruskal se mostra mais promissor para ser aplicado, e.g., em um grupo de objetos com qualificações e serviços similares, qual a melhor opção para prover o serviço em determinado momento, pois ele é capaz de apontar a melhor opção local, sem a necessidade de uma visão global do ambiente. A eficiência do Kruskal para esse cenário implica em um custo computacional mais baixo comparado aos demais algoritmos analisados.

O algoritmo de Prim apresenta um custo computacional mais elevado quando comparado aos demais pelo fato de explorar todos os caminhos possíveis, visto que por essência ele é um algoritmo guloso. Esse método exploratório produz resultados que o algoritmo PageRank também consegue aproximar, mas com um esforço menor.

O algoritmo PageRank parece mais promissor para a socialização entre objetos, pois considera a importância local de todos os objetos que interagiram com um provedor do serviço, para ranquear os mais relevantes. Enquanto os outros dois algoritmos, Prim e Kruskal, são focados no melhor caminho entre o requerente e o provedor, mas isso nem sempre se traduz no provedor mais relevante e que, consequentemente, tem mais chances de prestar o serviço de forma mais adequada. Como resultado das tabulações dos dados gerados com a aplicação dos algoritmos, algumas considerações são tratadas a seguir.

4. CONCLUSÕES

Percebe-se a complexidade do mapeamento das interações em ambientes da IoT e a necessidade de explorar técnicas para reduzir o espaço de busca por

amizades. O mapeamento possibilita a identificação do objeto mais relevante, isto é, com maior probabilidade de compor o serviço solicitado entre os pares, sendo elencado por meio do PageRank. Além disso, quando novos objetos são incorporados a essa sociedade, os algoritmos de Prim e Kruskal desempenham um papel fundamental ao fornecer um caminho eficiente até os objetos mais relevantes no contexto da sociedade de objetos.

Os algoritmos PageRank, Kruskal e Prim também desempenham um papel crucial na manutenção da sociedade, assegurando estabilidade e segurança para os objetos participantes. Para tal, minimiza as interações com objetos que receberam *feedback* negativo de seus pares em relação aos serviços prestados. Os algoritmos analisados neste estudo podem contribuir com uma maior eficiência energética ao otimizar o processo de solicitação e prestação de serviços. Neste sentido, a combinação dos algoritmos otimiza a composição de serviços, aumenta a estabilidade da rede e a contribui com a segurança em ambientes inteligentes da Social IoT, no contexto da abordagem VISO.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, L.; PERNAS, A.; YAMIN, A. **A conceptual model for autonomic relationships in the Social Internet of Things**. In: XXVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS MULTIMÍDIA E WEB, 2022, Porto Alegre, RS, Brasil. Anais. . . SBC, 2022. p.327–335.

CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Algoritmos: teoria e prática**. Editora Campus, [S.I.], v.2, p.296, 2002.

KHELLOUFI, A. et al. **A social-relationships-based service recommendation system for SIoT devices**. IEEE Internet of Things Journal, [S.I.], v.8, n.3, p.1859–1870, 2020.

ROOPA, M. et al. **Social Internet of Things (SIoT): Foundations, thrust areas, systematic review and future directions**. Computer Communications, [S.I.], v.139, p.32–57, 2019.

SINGH, R. P.; JAVAID, M.; HALEEM, A.; SUMAN, R. **Internet of things (IoT) applications to fight against COVID-19 pandemic. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, New Delhi, India, v.14, n.4, p.521–524, 2020.