

Uma abordagem bibliométrica sobre aplicações de QoS e QoE em Sistemas Multi-VANTs

Sarah Letícia da Silva Freire¹, Emilly Jenniffer Martins dos Santos¹, Andriéria Azevedo Dantas¹, Guilherme Aurélio Ribeiro Rocha¹, Fabio Augusto Procopio de Paiva¹, Diego da Silva Pereira¹

¹*Network and Computational Systems Research Laboratory,
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Parnamirim, Brasil
(sarah.l@escolar.ifrn.edu.br)*

Resumo: Esta pesquisa realiza uma abordagem bibliométrica de publicações científicas dos últimos 5 anos sobre o uso de aplicações da Qualidade de Serviço e Qualidade de Experiência em Redes Definidas por Software em Sistemas Multi-UAV. Para isso, foi utilizada a base de dados Scopus. Como resultado observou-se que, anualmente, cerca de 177 publicações são realizadas nessa área. Assim, espera-se contribuir com o avanço do conhecimento, identificando tendências e lacunas de trabalhos futuros.

Palavras-chave: QoS (Qualidade de Serviço); QoE (Qualidade de Experiência); SDN; Sistemas Multi-VANTs (Múltiplos Veículos Aéreos Não Tripulados); Drone

INTRODUÇÃO

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs), em inglês *Unmanned Air Vehicles* (UAVs), também chamados de drones ou aeronaves pilotadas remotamente, são bastante adotados em várias aplicações devido à sua flexibilidade de implantação e capacidade de resposta ágil, utilizados em missões de caráter cooperativo, nos quais colaboram entre si para alcançar um objetivo comum.

Como exemplo destes objetivos, tem-se missões de busca e salvamento, varredura ambiental em termos de sensoriamento remoto, mapeamento, coleta de dados, análise de impacto de desastres naturais, entre muitos outros (PEREIRA D. S. *et al.*, 2020), sendo o gerenciamento de interação e dependências entre os mesmos importantes para a execução e alcance destes objetivos.

A utilização de um paradigma de Rede Definida por Software (*Software-Defined Networking* - SDN) é uma alternativa interessante neste cenário, pois, de acordo com Pereira *et al.* (2020), é fundamental o estabelecimento de uma rede de comunicação que garanta a troca de informações entre as aeronaves e a estação de controle, resultando em um bom desempenho desse sistema de múltiplos VANTs. Para isso, frequentemente são necessárias redes *ad-hoc* voadoras, do inglês *Flying Ad Hoc Network* (FANETs), que por sua vez, têm como objetivo coordenar e gerenciar a comunicação das aplicações mencionadas anteriormente.

A garantia de um desempenho técnico otimizado e um eficiente gerenciamento do tráfego de dados em uma rede sem fio (*ad-hoc*), demanda a aplicação de métricas e técnicas de Qualidade de Serviço (QoS), que, segundo Pinheiro (2008), podem ser definidas por um conjunto específico de parâmetros. Conforme Leal (apud Dantas, 2002), a QoS desempenha um papel fundamental na capacidade da rede de fornecer tratamento especial a certos tipos de tráfego, de forma previsível.

Nesse contexto, a Qualidade de Serviço engloba alguns parâmetros, tais como: (SILVA, 2017): Perda de pacotes, Qualidade do Sinal de Rádio, Latência, Jitter (variação estatística do atraso na entrega de dados) e Throuthput/Taxa de transmissão de dados.

Conforme Filho (2017), mesmo com a implementação das métricas de QoS para assegurar uma entrega de dados otimizada ao usuário final, a experiência desse em relação ao tráfego de vídeo, por exemplo, pode não ser condizente com suas expectativas. Dessa maneira, a QoE passou a ser também um fator importante em redes *ad-hoc*, como a FANET.

De acordo com Berger (2019), a Qualidade de Experiência se refere à percepção vivenciada pelo usuário final. Onde, é importante ressaltar que a mesma não pode ser quantificada diretamente, mas sim inferida com base nos valores das métricas de Qualidade de Serviço calculadas. Sendo importante destacar que, quanto maior o grau de controle da QoS

(com níveis mais elevados), maior será o patamar alcançado pela QoE.

Portanto, conclui-se que, a Qualidade de Experiência leva em consideração as expectativas e satisfações dos usuários, enquanto a Qualidade de Serviço trata-se de uma abordagem mais fundamentada em medições técnicas, em que no contexto abordado, desempenha por sua vez, um papel indispensável ao contribuir para o aprimoramento da eficiência da transmissão de dados em tempo real, garantindo uma ótima qualidade e confiabilidade das comunicações entre os múltiplos VANTs em ambientes aéreos complexos.

Ademais, é relevante ressaltar o potencial de avanços científicos na área da temática abordada nesta pesquisa, onde, ao investigar os principais autores, territórios de investimento dentre outras métricas, mais a frente mencionadas, percebe-se seu impacto significativo.

Embora apenas uma parte das expressões utilizadas nas buscas estejam relacionadas aos termos Multi-VANTs ou Drone, esses descritores são de maior relevância, pois contribuem de forma significativa para o enriquecimento do conhecimento específico neste contexto. Além disso, os demais termos utilizados na pesquisa fornecem resultados relevantes, ao qual enriquecem o conhecimento de maneira mais ampla, com o uso de técnicas aplicadas em diferentes cenários.

Deste modo, a presente pesquisa objetiva a análise quanto ao desenvolvimento destas áreas mencionadas inicialmente, por meio da contabilização de publicações científicas relacionadas aos sistemas Multi-VANTs, que contemplam no que lhe diz respeito, soluções pautadas nos conceitos descritos referente a QoS, QoE e SDN.

A organização desta pesquisa distribui-se como a seguir. Na seção Materiais e Métodos realizou-se a busca por publicações através da base de dados Scopus. Na seção seguinte apresentou-se os resultados e as discussões que consistem em métricas de pesquisa aplicadas, para o levantamento de análises quanto às áreas de investimento, principais descritores e outras mais. Por fim, são elencados as considerações finais da pesquisa, bem como os trabalhos futuros.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa consiste em uma revisão integrativa e quantitativa de publicações científicas relacionadas à temática “Qualidade de Serviço e de Experiência em

Redes Definidas por Software em Multi-VANT (Múltiplos Veículos Aéreos Não Tripulados)”. Onde, a escolha dos descritores, ou seja, palavras chave, deu-se a partir da importância, da relevância e da especificidade do tema em questão, considerando os termos mais genéricos, indispensáveis, que por sua vez, contemplaram em maior quantidade os resultados, se comparado aos termos mais específicos que melhor refinaram as buscas.

A pesquisa divide-se em etapas, onde a primeira se deu por meio da revisão bibliométrica de publicações científicas, como descrito anteriormente, por meio da base de dados Scopus. Sua preferência deu-se em virtude à sua viabilidade quanto ao gerenciamento e recursos de busca disponíveis, também como pela sua representatividade adequada, retornando resultados satisfatórios e uma aproximação quantitativa de dados em relação a outras bases. Foram-se levados em consideração os descritores, resumo (*abstract*) e título das publicações.

Os termos QoS; QoE; SDN; Multi-UAV; Drone, foram utilizados juntamente com os operadores AND e OR, nas seis expressões de busca da pesquisa. Para melhor visualização e compreensão dos resultados obtidos, segue-se a Tabela 1.

Tabela 1. Expressões de busca e descritores utilizados.

Expressões de Busca	Total Scopus
1. <i>Quality of Service</i> AND <i>Quality of Experience</i> AND SDN OR Drone	571
2. <i>Quality of Service</i> AND <i>Quality of Experience</i> AND SDN	505
3. QoS AND Multi-UAV OR Drone	201
4. QoS AND QoE AND SDN	156
5. <i>Quality of Service</i> AND <i>Quality of Experience</i> AND Multi-UAV OR Drone	79
6. QoS AND SDN AND Multi-UAV OR Drone	10

Tendo em vista que a referida pesquisa busca englobar os dados obtidos de publicações científicas dos últimos cinco anos, foram-se então aplicados filtros duplos no processo de busca da análise temporal, regiões de investimento, áreas de pesquisa, principais descritores, tipos de publicação e universidades com maior destaque em pesquisa.

O resultado desta busca, totalizou-se em 1.522 publicações na base de dados escolhida para realização da pesquisa, que ocorreu nos dias 24 e 26 de maio de 2023. Os valores obtidos nesta primeira etapa, serão utilizados na etapa seguinte que terá como objetivo o levantamento de análises e obtenção de resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As publicações científicas resultantes da busca foram organizadas de acordo com características semelhantes, a fim de obter uma visão abrangente sobre a abordagem da Qualidade de Serviço e de Experiência em Redes Definidas por Software no contexto de Multi-UAV. A finalidade dessa organização é realizar uma análise temporal do tema, detectar as principais regiões de investimento e identificar as áreas de aplicação e técnicas empregadas nas pesquisas.

Análise Temporal

No que diz respeito ao estudo dos dados ao longo do tempo, a Figura 1 representa a evolução da quantidade total de publicações científicas publicadas desde o ano de 2019 até o presente. Nela, destaca-se uma maior quantidade de publicações no início do período citado e, nos anos subsequentes, uma estabilização ou diminuição leve, com queda percentual de cerca de 5% a 9% das publicações. Essa estabilização sugere que a comunidade científica tenha alcançado um patamar em termos de produção de publicações, mantendo um ritmo relativamente constante.

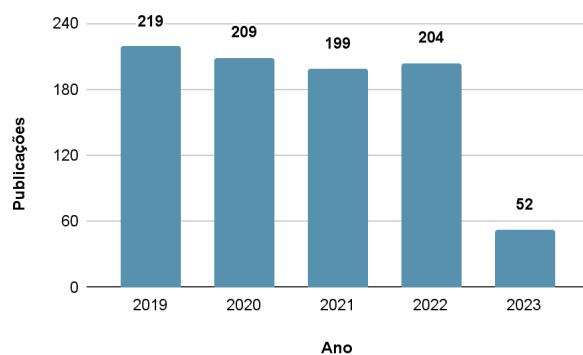


Figura 1. Publicações científicas agrupadas por ano.

Existe uma expectativa com base na média anual de publicações na temática desta pesquisa, de que sejam realizados até o final do ano vigente cerca de 125 publicações científicas, a fim de alcançar como nos anos anteriores, a média de 177 publicações.

Regiões de Investimento

As regiões de investimento que contemplaram um relevante quantitativo de publicações científicas nos últimos cinco anos, relacionadas com a temática desta pesquisa, foram dez países destacados, sendo em sua maioria de origem europeia. Conforme pode ser observado na Figura 2, as regiões demarcadas no mapa representam os países com maior interesse e consequentemente, maior quantidade de publicações, evidenciadas pela intensidade da cor. Onde, quanto maior a quantidade de publicações, mais destacada é a coloração, enquanto menos publicações, o oposto.

A China, os Estados Unidos e a Índia, destacam-se com maiores resultados, alcançando juntos, cerca de 60% do quantitativo geral das publicações a nível mundial, conforme visto na Figura 2 e na Tabela 2.

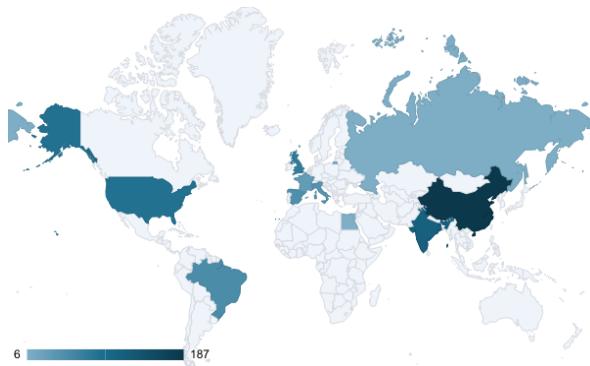


Figura 2. Publicações por País.

Um ponto relevante é a presença do Brasil na quinta colocação do ranking, observado na Tabela 2, demonstrando um desempenho significativo em relação aos demais países que se sobressaíram, e registrando um total de cinquenta e três publicações acerca desta temática desde 2019. A Rússia, por outro lado, apesar de possuir um espaço territorial significativamente maior em comparação aos outros países analisados, encontrou-se na penúltima colocação do ranking, apresentando resultados de baixo quantitativo de publicações.

Verificou-se que a média de publicações científicas por país é de aproximadamente sessenta e seis. Esse valor reflete a importância da produção científica como um indicador de avanço, destacando a importância de investimentos contínuos em pesquisa, inovação e desenvolvimento, como medidas

fundamentais para impulsionar o progresso de cada país no cenário mundial.

Tabela 2. Ranking por Regiões de Investimento.

Países	Quantidade de Publicações
1. China	187
2. Índia	116
3. Estados Unidos	89
4. Reino Unido	74
5. Brasil	53
6. Espanha	49
7. Itália	43
8. França	31
9. Rússia	7
10. Egito	6

Áreas de Pesquisa

Como pode ser observado na Figura 3, as áreas de pesquisa com maior destaque em publicações científicas nos últimos cinco anos foram as de Ciência da Computação e Engenharia, respectivamente. Já as áreas da Matemática e Física/Astronomia, apresentaram um quantitativo aproximado entre si, o que pode ser atribuído às demandas específicas de cada campo de estudo e abordagem interdisciplinar.

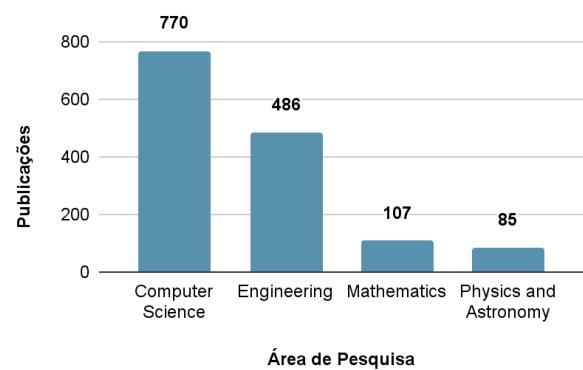


Figura 3. Publicações agrupadas por Áreas de Pesquisa.

É importante reconhecer que cada área contribui de maneira única para o avanço do conhecimento científico e para o progresso da sociedade como um todo.

Principais Descritores

Os principais descritores, ou seja, palavras chave mais mencionadas pelos autores na base de dados Scopus, quanto às publicações realizadas desde 2019 foram, *Quality of Service*, destacando-se com 668 resultados nas buscas (referindo-se a 39.5% das publicações), *Quality of Experience (QoE)* com 305 aparições (totalizando 18.0% das publicações) e SDN com 223 ocorrências na pesquisa (alcançando a faixa de aproximadamente 13.2% das publicações).

Observa-se uma predominância quanto ao termo *Quality of Service* em relação aos demais, onde, em casos como os de publicações científicas, é preferível utilizar o termo completo com o objetivo de fornecer uma definição mais abrangente e detalhada do conceito, podendo variar de acordo com a área de pesquisa e/ou regiões de interesse, ao contrário da sua abreviação.

A listagem dos oito descritores mais recorrentes na pesquisa, encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Principais descritores encontrados.

Descritores	Quantidade
1. <i>Quality of Service</i>	668
2. <i>Quality of Experience (QoE)</i>	305
3. SDN	223
4. <i>Software defined networking</i>	200
5. Drone(s)	134
6. <i>Unmanned Aerial Vehicle (UAV)</i>	78
7. QoS	74
8. Multi-UAV	9

Tipos de Publicação

No que se refere à abordagem ou metodologia adotada em pesquisas, observa-se uma predominância de dois tipos distintos, considerando apenas as publicações dos últimos cinco anos, como demonstrado na Figura 4.

Há diferentes justificativas para o tão expressivo valor atribuído aos tipos ‘Artigo’ e ‘Conferência’, em comparação com as outras tipologias. Essas justificativas, por sua vez, incluem requisitos institucionais e o interesse em divulgar e compartilhar a pesquisa com um público mais amplo.

Neste sentido, foram contabilizados um total de 429 artigos e 367 conferências realizadas. No somatório das outras topologias como, ‘Capítulos de Livros’, ‘Análises’ e ‘Revisões de Conferência’, o valor total não corresponde a metade do marco atingido em relação ao número de ‘Artigos’, por exemplo.

Sendo assim, os tipos de pesquisa mais recorrentes e valorizadas neste cenário são ‘Artigos’ e ‘Conferências’, enquanto as demais tipologias representam apenas uma parcela significativamente menor em termos quantitativos.

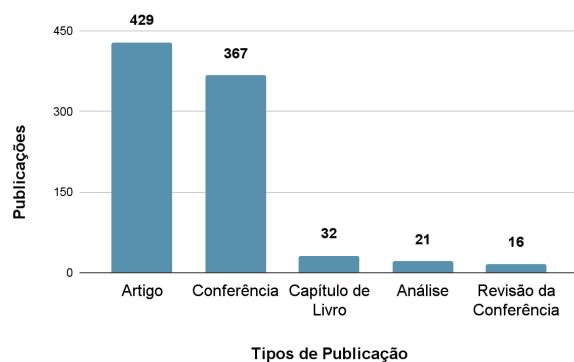


Figura 4. Publicações agrupadas por Tipo.

Afiliações

A Tabela 4, apresenta um agrupamento das afiliações participantes nas pesquisas científicas dos últimos cinco anos nesta temática, com destaque principalmente para instituições acadêmicas. A depender do vínculo do autor com a afiliação, se esta for de referência na área, existe maior probabilidade de que as pesquisas tenham uma repercussão significativa, impactando expressivamente a comunidade científica ao contribuir para o avanço do conhecimento em suas respectivas áreas de estudo.

Em virtude da quinta colocação do Brasil quanto uma das mais evidenciadas áreas de interesse em pesquisa nesta temática, destaca-se a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a qual contribui por sua vez, com um total de 10 publicações.

Observa-se uma confirmação do destaque anteriormente descrito na métrica por ‘Regiões de Interesse’, quanto as afiliações chinesas. Diante disso, destaca-se que a China se mantém como o país de maior quantitativo em publicações na temática, reforçando sua colocação como líder nesse campo específico.

Tabela 4. Afiliações com maior quantitativo de publicações.

Afiliação	Quantidade
1. Beijing University of Posts and Telecommunications	25
2. Instituto de Telecomunicações, Portugal	21
3. University of Carthage, Ecole Supérieure des Communications de Tunis	12
4. New Jersey Institute of Technology	10
5. Universidade Federal do Rio Grande do Norte	8
6. Indian Institute of Technology Kharagpur	7
7. RMIT University	7

CONCLUSÃO

Esta pesquisa realizou uma revisão integrativa e quantitativa de publicações na base de dados Scopus, utilizando várias estratégias de busca no seu decorrer.

Como resultado, observou-se uma estabilização das publicações científicas ao longo de um período de cinco anos, com uma média de aproximadamente 177 artigos. No contexto das regiões de investimento, destacou-se a China, os Estados Unidos e a Índia, as quais em conjunto representaram cerca de 60% do total de publicações em âmbito global. Também é importante destacar a quinta posição do Brasil com um total de 53 publicações.

Vale ressaltar que, as áreas de ‘Ciência da Computação’ e ‘Engenharia’ obtiveram maior visibilidade. No que se refere ao tipo de publicação, dois termos destacaram-se: artigo e conferência. Esse tipo de publicação, normalmente, tem maior impacto e reproduz os avanços obtidos pelos pesquisadores em seus respectivos projetos de pesquisa.

Diante disso, espera-se contribuir com o avanço do conhecimento, identificando tendências e lacunas de pesquisa para futuras investigações. Este trabalho buscou limitar o escopo de publicações relacionadas

à temática QoS, QoE e SDN em um contexto de aplicações executadas por sistemas Multi-VANT.

Os próximos passos desta pesquisa terão como objetivo, o desenvolvimento da temática abordada. Onde, serão aprofundadas as pesquisas de acordo com as expressões de busca descritas, assim como uma análise mais refinada das aplicações, métricas e técnicas de QoS e QoE em SDN para Sistemas Multi-UAVs.

AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) pela construção do edital nº 04/2023, o qual fomentou bolsas de pesquisa para estudantes de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

Berger, Jens. **QoS and QoE in 5G networks: evolving applications and measurements.** Rhode & Schwarz Mobile Network Testing. 26 slides. Singapore, 2019.

FURTADO, V.H.; GIMENES, R.A.V.; CAMARGO JÚNIOR, J.B.; ALMEIDA JÚNIOR, J.R. de. **ASPECTOS DE SEGURANÇA NA INTEGRAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT) NO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO.** 138 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GUIDOTI, Fernanda Pereira. **Proposta de uma arquitetura base para integração de VANT.** 2019. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências de Computação e Matemática Computacional, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2017.

LEAL, M.A.A. **QoS – QUALIDADE DE SERVIÇO EM TCP/IP.** 100 f. Monografia (Especialização) - Curso de Administração em Redes Linux, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004.

LEITE, D.L.; SADOK, Djamel. **Caracterização de canal utilizando Veículo Aéreo Não Tripulado.** 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica e de Computação, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SILVA, Maurício Rabello. **Análise de Desempenho de Rede de Comunicação para um Sistema VANT Aplicado à Varredura de Área de Impacto de Foguetes.** 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica e de Computação, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SOUZA FILHO, J.A. de O. **MECANISMO DE CONTROLE DE TOPOLOGIA EM REDES AD-HOC AÉREAS PARA TRANSMISSÕES MULTIMÍDIA EM TEMPO REAL COM SUPORTE À QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA.** 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Faculdade de Computação,

Universidade Federal do Pará, Castanhal, 2017. PEREIRA D. S. et al., "Zigbee Protocol-Based Communication Network for Multi-Unmanned Aerial Vehicle Networks", in IEEE Access, vol. 8, pp. 57762-57771, 2020.