



Relatório de Visão de Futuro 2019

Comitê Técnico de Monitoramento – CT-Mon

28/01/2020

Artur Ziviani - LNCC

Leobino Sampaio - UFBA

Alex Moura – RNP

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento - DPD

Diretoria de Internet Avançada - DAIA

Visão de Futuro 2019 – CT-Mon

Introdução

Ao longo de 2019, o CT-Mon acompanhou iniciativas e publicações na área de monitoramento para atualizar a visão de futuro para o monitoramento da RNP.

O CT-Mon prospectou o estado da arte em monitoramento de redes através das publicações técnico-científicas que abordaram o tema, e em eventos e fóruns ocorridos ao longo de 2019. Dentre os trabalhos revisados, o CT-Mon destaca publicações elencadas em uma lista anexa ao fim deste documento com resumos do conteúdo de cada trabalho, e resenhas críticas acerca da pertinência de cada trabalho ao contexto de monitoramento de redes para a RNP.

Em uma visão retrospectiva em relação ao documento de visão de futuro para 2019, entregue no fim de 2018, analisamos criticamente as tendências que foram apontadas. Foi possível confirmar a tendência identificada de adoção crescente de técnicas de aprendizado de máquina sobre dados de monitoramento de redes visando melhor desempenho e gerenciamento de redes. Inclusive essa tendência foi alvo do Edital Desafio RNP e Microsoft em Inteligência Artificial (IA), lançado no início de 2019, com suporte a dois projetos no tema de aplicação de IA a monitoramento de redes, os quais foram acompanhados pelo CT-Mon. De forma similar, o uso da telemetria em banda para monitorar o desempenho da rede também teve a tendência identificada confirmada e apresentou interesse crescente ao longo do ano. Essas duas tendências continuam no centro das atenções das comunidades acadêmica, científica e tecnológica interessadas em monitoramento de redes, tendo ambas potencial para se manter em tendência de consolidação em 2020. Por outro lado, não foram identificados novos trabalhos de medições de rede focados na coexistência de protocolos IPv4 e IPv6, conforme indicado no documento de 2018.

Na prospecção tecnológica realizada em 2019, foram avaliados artigos científicos (elencados em anexo), apresentações e discussões em fóruns especializados da área de monitoramento de redes. Dos workshops, destacam-se as apresentações da edição 2019 do workshop AIMS (*Active Internet Measurements*), realizado em abril de 2019. Alguns trabalhos tiveram como foco o BGP, visando tratar de questões relacionadas à segurança (envenenamento e sequestro de prefixos) e infraestruturas de coleta de dados (medição) para detecção de anomalias para apoio a pesquisas. Além disso, foi também possível identificar iniciativas voltadas para medições de dados de banda larga em redes celulares. Já no *Workshop on Network Management and Monitoring*, organizado pela Géant em outubro de 2019, as discussões foram direcionadas para as infraestruturas e práticas de monitoração em Redes Nacionais de Ensino e Pesquisa (NRENs). Parte do trabalho do CT-Mon em 2019 consistiu em acompanhar atividades e desenvolvimentos em grupos internos da RNP, mas também de outros grupos coordenados por organizações externas, como o [MAPRG](#) (IRTF) e [IPPM](#) (IETF), [SIG-NOG](#), [SIG-PVM](#) e STF (Géant), Performance Telemetry WG (Internet2) e LHCONe (Cern/WLCCG) e eventos específicos como o [Workshop on Network Management and Monitoring \(sumário\)](#) e o [18th Service and Technology Forum](#), como forma de prospecção tecnológica. Entre as temáticas discutidas, destacam-se a utilização de sondas de monitoramento na borda da rede (*edge computing*) a orquestração, automação e virtualização das infraestruturas da rede de campus, e a terceirização das operações como serviço: *Campus Network as a Service* (CNaaS) e *Network Management as a Service* (NMaaS).

Em resumo, além do acompanhamento das tendências anteriormente identificadas, que encontram-se em consolidação, recomendamos que haja atividades de investigação nas seguintes tendências identificadas em 2019 na área de monitoramento de desempenho de redes:

- **Medições em redes sem fio celulares e fixas**

As tecnologias de redes celulares de quinta geração (5G) prevêm importante suporte a requisitos de mobilidade. O potencial impacto do 5G, como infraestrutura para ambientes de Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*), está destacado na Estratégia Nacional de IoT, que aponta quatro verticais interdisciplinares estratégicas para IoT no Brasil (saúde, rural, cidades inteligentes e indústria 4.0). Dada a importância das redes celulares, observa-se um conjunto de iniciativas de monitoramento em cenários de mobilidade. Através da prospecção tecnológica de 2019, percebe-se um crescimento de propostas de medições de redes em futuros cenários de redes celulares, tais como o 5G. Além das redes para mobilidade, foram observados trabalhos que implementaram medições sobre redes Wi-Fi, incluindo a oferta desse serviço como terceirização. Com o advento e primeiras implementações da sexta geração, Wi-Fi 6 (802.11ax) em 2020 que, aliadas às redes 5G e às expectativas do surgimento de muitas inovações, a ampliação e refinamento das medições nas redes sem fio Wi-Fi também são uma tendência.

- **Orquestração, automação e virtualização em redes**

- Nos últimos anos, o desenvolvimento de infraestruturas de monitoramento esteve no centro das atenções da comunidade acadêmica e científica. Muitas das ações estiveram voltadas para implantação de ambientes de monitoramento, integração de ferramentas de medição e análise dos dados. Como passo seguinte, esforços recentes de padronização e criação de modelos, tais como o NETCONF, YANG, e o registro de métricas de desempenho na base da IANA, apontam para uma tendência na área de automação tanto da configuração quanto da operação de ambientes de monitoramento e gerência de redes. Em 2019, diferentes NRENS apresentaram suas estratégias e as primeiras implementações de plataformas de orquestração e automação de um conjunto de atividades de NOC, disparadas a partir de tickets emitidos pelos clientes do serviço. Entre os desafios para alcançar tais objetivos, estão o desenvolvimento de um conjunto de APIs para integração dos sistemas, definição dos fluxos de trabalho (*workflows*) dos serviços orquestrados e integração com a camada de negócio. Sobre este tema, a rede acadêmica Européia Géant conduziu um levantamento e publicou seus resultados e conclusões no documento D6-2_Automation-and-Orchestration-of-Services-in-the-GEANT-Community.pdf¹

- **Medição apoiada por estruturas de dados probabilísticas**

- O avanço da programação de hardware tem sido acompanhada por um número de propostas de medições de alta precisão complementares apoiadas por estruturas de dados probabilísticas (*Sketches*). Este é um tema emergente recente e que pode resultar numa

¹ https://www.geant.org/Projects/GEANT_Project_GN4-3/GN43_deliverables/D6-2_Automation-and-Orchestration-of-Services-in-the-GEANT-Community.pdf

tendência da área de medições de redes. Dado o potencial de obtenção de dados de medições em velocidade de linha a partir de hardware programáveis, tais estruturas tornam-se oportunas por serem compactas e fazerem baixo uso de memória dos dispositivos. Algumas propostas sugerem o uso de *Sketches* no apoio à detecção de anomalias, engenharia de tráfego e segurança de redes.

- A seguir são apresentadas as resenhas das publicações selecionadas e avaliadas pelo CT-Mon em 2019 como as mais pertinentes para a RNP.

Resenhas do material prospectado em 2019

	Referência	Breve resumo	Resenha sobre a pertinência para a RNP
1	Barik, Runa & Welzl, Michael & Elmokashfi, Ahmed & Gjessing, Stein & Dreibholz, Thomas & Islam, Safiqul. (2019). FloodBox: A tool for Measuring the Impact of IP DiffServ Code Point in the Internet at maprg @104th IETF Meeting Prague.	Apresenta resultados da utilização da Ferramenta FloodBox, utilizada para medição e avaliação do impacto na latência de tráfego com marcação e remarcação DSCP. Essencialmente, foram avaliados três tipos de marcação: CS1 (Dados de baixa prioridade), AF42 (Conferência Multimídia) e EF (Telefonia). Os estudos experimentais envolveram 9 países (Noruega, Alemanha, EUA, Canadá, Brasil, Índia, Cingapura, China e Coréia)	Tanto a metodologia quanto a ferramenta poderiam ser adotadas no serviço de medições MonIPÊ, a fim de verificar a marcação de pacotes e seus efeitos na Rede Ipê.
2	Minlan Yu. 2019. Network telemetry: towards a top-down approach . SIGCOMM Comput. Commun. Rev. 49, 1 (February 2019), 11-17. DOI: https://doi.org/10.1145/3314212.3314215	Introduz a abordagem <i>top-down</i> para realização de monitoração que envolve a telemetria <i>in-band</i> por meio de declarações de alto nível, que se traduzem em instruções de baixo nível nos dispositivos de encaminhamento. O trabalho cita três principais desafios: (i) abstrações declarativas; (ii) um sistema para execução das consultas; e (iii) um conjunto de API e primitivas de medição nos dispositivos.	Trata-se de uma discussão em alto nível sobre a abordagem a ser adotada no desenvolvimento de soluções de telemetria. Tais discussões podem ser úteis para futuras ações da RNP de monitoramento no seu backbone, sobretudo no desenvolvimento de ferramentas de medição.
3	Florian Streibelt, Franziska Lichtblau, Robert Beverly, Anja Feldmann, Cristel Pelsser, Georgios Smaragdakis, and Randy Bush. BGP Communities: Even more Worms in the Routing Can . Proc. Internet Measurement Conference 2018 (IMC '18). ACM, New York, NY, USA, 279-292.	Premiado em 2019 no <i>Applied Network Research Prize</i> (ANRP) do IETF 104, o trabalho apresenta uma investigação sobre ampla divulgação de tabelas de BGP que vai muito além do escopo dos ASs vizinhos, o que leva a uma superexposição que pode	Através das iniciativas de monitoramento da RNP, este trabalho pode servir de base para futuras ações para monitoramento da Rede Ipê, no sentido de identificar a extensão da propagação dos

		<p>ser explorada por diferentes formas de ataques, sem necessariamente fazer o sequestro de prefixos. Entre as descobertas, está o fato que mais de 14% dos provedores encaminham os anúncios de BGP recebidos.</p>	<p>anúncios da rede e verificar possíveis erros nas configurações dos mesmos.</p>
4	<p>Rafael Leira, Guillermo Julián-Moreno, Iván González, Francisco J. Gómez-Arribas, Jorge E. López de Vergara, Performance assessment of 40 Gbit/s off-the-shelf network cards for virtual network probes in 5G networks, Computer Networks, Volume 152, 2019, Pages 133-143,</p>	<p>É introduzido o conceito de sonda de rede virtual (<i>Virtual Network Probe</i>, VNP) que consiste em uma função de rede virtual utilizada no monitoramento passivo de tráfego de elementos de redes. Implementada através da biblioteca DPDK, a solução foi avaliada na implementação de monitoramento passivo de tráfego a uma taxa de 40Gbit/s.</p>	<p>A solução implementada poderá ser útil para futuros desenvolvimentos de funções virtuais de monitoramento de redes para a Rede Ipê. A implementação tem uma grande relação com os desenvolvimentos atuais feito no escopo dos grupos de trabalho e projetos apoiados pela RNP na implementação de testbeds (e.g.: FIBRE, FUTEBOL, IND4FIBRE, CloudLab e NECOS).</p>
5	<p>Y. Yang, W. Cheng, C. Yang, S. Chen and F. Jian, The Implementation of Real-Time Network Traffic Monitoring Service with Network Functions Virtualization. 2015 International Conference on Cloud Computing and Big Data (CCBD), Shanghai, 2015, pp. 279-286.</p>	<p>Apresenta a implementação de um switch de monitoração através de uma função de rede virtualizada. A implementação se baseou no Neutron (Openstack). O switch virtualizado é implementado através do Open vSwitch (OvS) e o protocolo OpenFlow é utilizado na sua configuração.</p>	<p>Trata-se de uma abordagem e implementação de uma solução de monitoramento de fluxos de tráfego através de funções virtualizadas de rede que pode servir de base para futuras implementações do serviço de monitoração da Rede Ipê</p>
6	<p>Walter Robert J. Harrison. Scalable, Network-Wide Telemetry With Programmable Switches. Ph.D. Thesis. Princeton</p>	<p>Tese de doutorado sobre o uso de telemetria <i>in-band</i> para medições através de switches programáveis em redes de larga escala.</p>	<p>O trabalho traz uma ampla discussão sobre a telemetria em banda. As referências e discussões servem de apoio a futuros desenvolvimentos na Rede Ipê.</p>

7	<p>Tong Yang, Jie Jiang, Peng Liu, Qun Huang, Junzhi Gong, Yang Zhou, Rui Miao, Xiaoming Li, and Steve Uhlig. 2018. Elastic sketch: adaptive and fast network-wide measurements. In Proceedings of the 2018 Conference of the ACM Special Interest Group on Data Communication</p>	<p>Propõe uma solução baseada em <i>sketches</i> para medição adaptativa em nível de hardware, implementado em P4, FPGA, GPU, GPU, <i>multi-core</i> CPU e OvS. A técnica utilizada faz a separação entre fluxos de tráfego grandes (<i>elephants</i>) e pequenos (<i>mice</i>).</p>	<p>O trabalho indica para a tendência de utilização de técnicas de medição em hardware programáveis. Pode ser um direcionamento de futuras ações dos grupos de trabalho da RNP ligados à medição de redes.</p>
8	<p>Masoume Jabbarifar, Alireza Shameli-Sendi, Bettina Kemme, A scalable network-aware framework for cloud monitoring orchestration, Journal of Network and Computer Applications, Volume 133, 2019, Pages 1-14.</p>	<p>Discute o problema de <i>placement</i> para funções de monitoramento de redes. É formulado um problema de otimização em que se procura fazer o melhor uso de funções de monitoramento nos nós em conjunto com configurações de fluxos tendo em vista a redução do consumo geral de banda da rede.</p>	<p>Esta iniciativa pode apoiar futuros desenvolvimentos de funções virtuais de monitoramento de redes da RNP, possivelmente como uma evolução do serviço MonIpê.</p>
9	<p>Ayyoob Hamza, Hassan Habibi Gharakheili, Theophilus A. Benson, and Vijay Sivaraman. 2019. Detecting Volumetric Attacks on IoT Devices via SDN-Based Monitoring of MUD Activity. In Proceedings of the 2019 ACM Symposium on SDN Research (SOSR '19). ACM, New York, NY, USA, 36-48.</p>	<p>Apresenta um caso de uso e prova de conceito dos benefícios do paradigma SDN para medições de redes IoT com fins de detectar tráfego malicioso em tais cenários de rede. Através de técnica de aprendizagem de máquina, os autores identificam tráfego suspeito de ataques de negação de serviço (DoS).</p>	<p>A iniciativa e técnica utilizadas podem ser exploradas em futuros grupos de trabalho da RNP em experimentos com IoT.</p>
10	<p>Pravein Govindan Kannan, Raj Joshi, and Mun Choon Chan. 2019. Precise Time-synchronization in the Data-Plane using Programmable Switching ASICs. In Proceedings of the 2019 ACM Symposium on SDN Research (SOSR '19). ACM, New York, NY, USA, 8-20.</p>	<p>Para fins de sincronização de relógios, o trabalho aborda a coleta de métricas tradicionais de desempenho através da telemetria <i>in-band</i>. Os autores introduzem o <i>Data-Plane Time-synchronization Protocol</i> (DPTP), implementado em um switch Barefoot Tofino através da linguagem P4.</p>	<p>Esses experimentos podem ser alvos de futuros experimentos de pesquisadores na Rede Ipê, interessados em medições de desempenho e sincronização de relógios, como já ocorreu no passado, através de iniciativas de medições de desempenho no escopo dos grupos de trabalho de medições (GT-Medições).</p>

11	<p>Marco Antonio Sotelo Monge, Andrés Herranz González, Borja Lorenzo Fernández, Diego Maestre Vidal, Guillermo Rius García, Jorge Maestre Vidal, Traffic-flow analysis for source-side DDoS recognition on 5G environments, Journal of Network and Computer Applications, Volume 136, 2019, Pages 114-131,</p>	<p>Sugere a implementação de uma função de monitoração para redes móveis 5G, implementada através de planos de controle centralizado que possibilita a identificação de comportamento de DDoS no tráfego de dispositivos móveis. No experimento foi adotado um <i>dataset</i> gerado a partir do tráfego de 61 dispositivos reais.</p>	<p>O estudo é uma base para futuras implementações de serviço de monitoração para redes 5G no cenário de IoT, sobretudo para fins de segurança de rede (DDoS).</p>
12	<p>M. Bagnulo, B. Claise, P. Eardley, A. Morton, and A. Akhter. Registry for Performance Metrics, oct 2018. draft-ietf-ippm-metric-registry-16</p>	<p>Descreve um conjunto inicial de métricas de desempenho para registro na base da IANA.</p>	<p>Trata-se de uma iniciativa a ser acompanhada pela equipe de medições da RNP, pois envolve a revisão das métricas de desempenho de redes medidas no Monipê.</p>
13	<p>Yuliang Li, Rui Miao, Hongqiang Harry Liu, Yan Zhuang, Fei Feng, Lingbo Tang, Zheng Cao, Ming Zhang, Frank Kelly, Mohammad Alizadeh, and Minlan Yu. 2019. HPCC: high precision congestion control. In Proceedings of the ACM Special Interest Group on Data Communication (SIGCOMM '19). ACM, New York, NY, USA, 44-58.</p>	<p>A partir da telemetria (INT), desenvolve um mecanismo de controle de congestionamento de alta precisão que detecta atraso e rapidamente converge o tráfego e utilização da rede para enlaces menos congestionados.</p>	<p>O trabalho propõe uma metodologia (ou estratégia) de configuração dinâmica da rede baseada em dados de medição de alta precisão através de telemetria. Trabalhos como este indicam uma tendência nesta área e podem auxiliar o desenvolvimento de futuros serviços de medição da RNP.</p>
14	<p>T. Mizrahi, G. Navon, G. Fioccola, M. Cociglio, M. Chen and G. Mirsky, AM-PM: Efficient Network Telemetry using Alternate Marking. in IEEE Network, vol. 33, no. 4, pp. 155-161, July/August 2019.</p>	<p>Descreve o método AM-PM para prover mais eficiência em telemetria de rede através de uma baixa sobrecarga obtida através da marcação alternada de pacotes.</p>	<p>É o principal trabalho nessa área. Trata-se de uma discussão interessante para ser acompanhada pelo grupo de medições da RNP, uma vez que trata de implementações que busca reduzir o overhead das medições <i>in-band</i>, tais como as alcançadas através de telemetria.</p>

15	<p>Alon Riesenber, Yonnie Kirzon, Michael Bunin, Elad Galili, Gidi Navon, and Tal Mizrahi. 2019. Time-multiplexed parsing in marking-based network telemetry. In Proceedings of the 12th ACM International Conference on Systems and Storage (SYSTOR '19). ACM, New York, NY, USA, 80-85.</p>	<p>Apresenta uma abordagem para medições de atraso e perda através de telemetria baseada em marcações de bits. A implementação foi feita através da linguagem P4 e está alinhada com os objetivos do IETF que, através do método de medição de marcação alternada (<i>Alternate Marking Performance Measurement</i>, AM-PM), busca reduzir a sobrecarga dos métodos de medição em banda.</p>	<p>Discussão a ser acompanhada pelo grupo de medições da RNP, uma vez que trata de implementações que busca reduzir o overhead das medições <i>in-band</i>, tais como as alcançadas através de telemetria.</p>
16	<p>B. Niu, J. Kong, S. Tang, Y. Li and Z. Zhu, Visualize Your IP-Over-Optical Network in Realtime: A P4-Based Flexible Multilayer In-Band Network Telemetry (ML-INT) System in IEEE Access, vol. 7, pp. 82413-82423, 2019.</p>	<p>Propõe uma arquitetura para um sistema de telemetria INT flexível que provê dados de fluxos em redes IP (sobre transmissão óptica) em tempo real. Dados de INT são inseridos nos pacotes de fluxos tendo em vista a redução do consumo de banda, mas sem perder a precisão.</p>	<p>Mais um trabalho de telemetria que segue a tendência de fazer a medições em tempo real de forma otimizada, mas sem perder a precisão das medições.</p>
17	<p>R. J. Pfitscher, A. S. Jacobs, L. Zembruzki, R. L. Santos, E. J. Scheid, M. F. Franco, A. Schaeffer-Filho, and L. Z. Granville, Guiltiness: A practical approach for quantifying virtual network functions performance, Computer Networks, Volume 161,2019, Pages 14-31.</p>	<p>Através de um modelo matemático, o trabalho foca no desenvolvimento de um modelo que permite identificar das funções de rede causadoras de degradação do serviço de rede (fim a fim).</p>	<p>Iniciativa que pode apoiar futuros desenvolvimento da RNP na área de NFV, sobretudo quando aplicado a soluções de NFV no campo de monitoramento de redes e/ou <i>testbeds</i>.</p>
18	<p>K. C. Claffy and D. Clark, The 11th Workshop on Active Internet Measurements (AIMS-11) Workshop Report, ACM SIGCOMM Computer Communication Review (CCR), vol. 49, no. 3, pp. 39--43, Jul 2019.</p>	<p>Relata os resultados das discussões da décima primeira edição do workshop AIMS (<i>Workshop on Active Internet Measurements</i>), organizado pelo CAIDA. O workshop trata de temas da área de monitoramento da Internet com apresentações de trabalhos de diferentes temáticas.</p>	<p>O workshop é organizado pelo CAIDA, um importante ator na área de monitoramento de redes. O evento envolve importantes pesquisadores da área, discute e aponta direções para a comunidade de redes. As temáticas discutidas tem uma relação bem direta com as temáticas</p>

			discutidas pelo CT-Mon.
19	<p>You Zhou, Youlin Zhang, Chaoyi Ma, Shigang Chen, and Olufemi O. Odegbile. 2019. Generalized Sketch Families for Network Traffic Measurement. Proc. ACM Meas. Anal. Comput. Syst. 3, 3, Article 51 (December 2019), 34 pages.</p>	<p>Consiste num <i>survey</i> sobre técnicas de medição de redes baseada em <i>sketches</i>. Numa abordagem característica de <i>survey</i>, é feito um levantamento das técnicas adotadas por trabalhos apresentados na literatura e, além disso, é feita uma classificação das técnicas.</p>	<p>As medições baseadas em sketch já foram trabalhadas em iniciativas da RNP ligada aos grupos de trabalho. Trata-se de uma tendência para os próximos anos por se tratar de medições de alta precisão que podem ser aplicadas ao nível do hardware de rede.</p>

Comitê Técnico de Monitoramento da RNP - CT-Mon

- Artur Ziviani (LNCC) ziviani@lncc.br - Coordenador
- Leobino Sampaio (UFBA) leobino@ufba.br - Assistente
- Alex Moura (RNP) alex.moura@rnp.br - Secretário



MINISTÉRIO DA DEFESA

MINISTÉRIO DA CIDADANIA

MINISTÉRIO DA SAÚDE

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

