



# **Relatório de Visão de Futuro 2020**

## **Comitê Técnico de Monitoramento - CT-Mon**

**Artur Ziviani - LNCC**  
**Leobino Sampaio - UFBA**  
**Alex Moura - RNP**

**Dezembro de 2020**

**Rede Nacional de Ensino e Pesquisa - RNP**

## Introdução

O ano de 2020 foi extremamente desafiador, colocando todos à prova de uma só vez. A pandemia do Covid-19 pegou o mundo de surpresa, levando governos de todos os países a se mobilizarem de maneiras sem precedentes. Todos precisamos nos adaptar rapidamente a uma nova realidade, sendo a internet um instrumento fundamental para a viabilização de trabalho e ensino remotos aos que puderam usufruir desses recursos para distanciamento e isolamento social. O conceito chamado de Transformação Digital, que já era disseminado no mercado há alguns anos, acabou se tornando imprescindível e, de certa forma, foi acelerado pelas imposições trazidas pela pandemia. A Educação à Distância (EaD), antes uma opção de formato de educação, se tornou o novo padrão para todos os tipos de instituições e níveis de ensino. Por causa da pandemia, a internet passou a ter uma criticidade e importância ainda maiores para todos, como o principal meio de comunicação e acesso a informações e serviços para toda a população mundial, inclusive para muitos que não a utilizavam antes.

As equipes da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) conseguiram manter ativas as operações e serviços da internet acadêmica brasileira desde o início da pandemia, suportando demandas da sociedade e das diversas comunidades de ensino e pesquisa. Isso contribuiu no combate à pandemia viabilizando as comunicações entre pesquisadores, organizações e laboratórios que buscam aumentar nossos conhecimentos sobre a doença e desenvolver novas soluções.

Na RNP, o CT-Mon manteve suas atividades ao longo de 2020. No início do ano foi lançado o Desafio CT-Mon 2020<sup>1</sup>, com objetivo de selecionar uma equipe para o desenvolvimento de uma nova plataforma, visando a automação de processos ligados à disponibilização de dados de medição de rede para fins de pesquisa pela comunidade científica interessada na área. Para tal, foi selecionado o projeto MicroMon,<sup>2</sup> cujo grupo de trabalho é coordenado pelo Prof. Rafael Lopes Gomes (UECE). Em decorrência do cenário de pandemia, o CT-Mon também emitiu uma nota técnica em agosto de 2020<sup>3</sup> acerca dos impactos da pandemia do Covid-19 na infraestrutura de redes e serviços da RNP. Em novembro o CT-Mon organizou o Encontro do CT-Mon 2020, para o qual houve 55 pré-inscritos e 60 participantes online que acompanharam as 8 sessões e as 7 apresentações propostas na programação,<sup>4</sup> que foi diversificada, incluindo convidados da comunidade científica atuantes em áreas de interesse do CT-Mon. Foi organizado também em novembro de 2020 pelo CT-Mon, a segunda edição do Workshop de Medições da RNP, para o qual houve 14 pré-inscritos e 48 participantes online, que puderam acompanhar uma programação<sup>5</sup> com 8 sessões e 6 apresentações representando atividades ligadas à área de medições de rede realizadas em diferentes setores da RNP.

<sup>1</sup> [Desafio CT-Mon 2020](https://www.rnp.br/desafioCTMon2020): <https://www.rnp.br/desafioCTMon2020>

<sup>2</sup> [Desafio CT-Mon seleciona o projeto MicroMon da UECE](https://www.rnp.br/noticias/desafio-ct-mon-seleciona-o-projeto-micromon-da-uece): <https://www.rnp.br/noticias/desafio-ct-mon-seleciona-o-projeto-micromon-da-uece>

<sup>3</sup> [Nota técnica: Impactos da Pandemia da Covid-19 na RNP](https://www.rnp.br/noticias/nota-tecnica-impactos-da-pandemia-da-covid-19-na-rnp): <https://www.rnp.br/noticias/nota-tecnica-impactos-da-pandemia-da-covid-19-na-rnp>

<sup>4</sup> [Programa do Encontro do CT-Mon 2020](https://indico.rnp.br/event/29/timetable/#20201112.detailed): <https://indico.rnp.br/event/29/timetable/#20201112.detailed>

<sup>5</sup> [Programa do 2o. Workshop de Medições](https://indico.rnp.br/event/30/timetable/#20201113.detailed): <https://indico.rnp.br/event/30/timetable/#20201113.detailed>

Além dessas demais atividades, ao longo do ano o CT-Mon acompanhou iniciativas, publicações técnico-científicas, eventos e fóruns na área de monitoramento de redes para realizar prospecção do estado da arte na área, e atualizar a visão de futuro nessa temática de interesse da RNP, objetivo do presente documento. Dentre os trabalhos revisados, o CT-Mon destaca publicações elencadas em uma lista anexa ao fim deste documento, com um resumo do conteúdo de cada trabalho, acompanhado de resenha 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, analisamos tendências que foram apontadas, e foi possível confirmar a tendência da adoção crescente de técnicas de **aprendizado de máquina sobre dados de monitoramento de redes** visando melhor desempenho e gerenciamento de redes. De forma similar, o **uso da telemetria em banda** (*In-Band Telemetry*, ou INT) no monitoramento do desempenho da rede também teve a tendência identificada, e interesse crescente confirmado ao longo de 2019. Essas duas tendências foram o centro das atenções das comunidades acadêmica, científica e tecnológica interessadas em monitoramento de redes, e ambas com potencial para se manter em tendência de consolidação em 2020.

Em 2020, também foi possível observar um expressivo número de estudos baseados em monitoração de desempenho que buscou **identificar o novo perfil das redes decorrente da mudança de comportamento dos usuários em função da pandemia COVID-19**. Tais iniciativas estiveram alinhadas com ações do CT-Mon em 2020 quando avaliou os impactos da pandemia na rede e serviços da RNP, assim como quando houve o apoio ao desenvolvimento da ferramenta **Covid Borescope**, que visa apoiar a análise de dados geo-temporais de mobilidade da população, a partir da correlação de registro de conexões de dispositivos na rede celular com os dados de infecção disponibilizados pelas agências de saúde. Além deste foco, foram observadas **iniciativas de desenvolvimento e implantação de plataformas de medição distribuídas a partir do uso de infraestruturas de containerização**. Esta tendência está alinhada com o planejamento da evolução do serviço MonIPÊ. É preciso também destacar o crescente número de **estudos de redes celulares de quinta geração (5G)**, sobretudo com uso de *datasets* reais que envolve o padrão de mobilidade de usuários. Adicionalmente, conforme evolução do cenário decorrente da pandemia de COVID-19 ao longo do ano de 2021, espera-se também **iniciativas de monitoramento de uma possível nova realidade de uso da rede e do comportamento dos usuários**. Nesse sentido, já há diversos relatos de experiências remotas de trabalho e estudo que emergiram em 2020 de forma emergencial devido à pandemia e que podem ao menos parcialmente se tornarem permanentes em 2021, constituindo essa nova realidade pós-pandemia de uso de redes e serviços remotos que deverá ser medida para ser compreendida para uma melhor provisão de recursos para seu atendimento.

Por fim, é importante ressaltar que as áreas de interesse do CT-Mon continuam essenciais para a internet e as redes em geral. Um reflexo disso foi o aceite no final de 2020 da contribuição submetida pelo CT-Mon para participação e apresentação em janeiro de 2021 no evento *NSF Workshop on Overcoming Measurement Barriers to Internet Research* (WOMBIR 2021), organizado pela *National Science Foundation* (NSF) dos EUA e coordenado pelo *Center for Applied Internet Data Analysis* (CAIDA). Muitos dos principais pesquisadores dos EUA na área de monitoramento de redes participaram do evento e houve ricas discussões sobre necessidades de evoluções e progressos na área.

ITEM	REFERÊNCIA	RESENHA	Pertinência para a RNP
1	<p>Pacífico, R.D.G., Silva, L.B., Coelho, G.R. et al.</p> <p><b>BloomTime: space-efficient stateful tracking of time-dependent network performance metrics.</b></p> <p>Telecommunication Systems 74, 201–223 (2020)</p>	<p>O trabalho apresenta uma abordagem de medição de rede que usa filtros de Bloom para coletar medidas de desempenho de rede dependentes do tempo a partir da observação da média e a variância dos tempos de chegada dos pacotes. A abordagem foi implementada através da solução denominada BloomTime, implementada em hardware NetFPGA de forma a operar passivamente, não adicionando, assim, tráfego à rede.</p>	<p>É uma solução que tem uma relação direta com as iniciativas de medições da RNP, através do serviço MonIPÊ e dos testbeds nacionais.</p>
2	<p>Y. Lin et al., <b>NetView: Towards On-Demand Network-Wide Telemetry in the Data Center</b>, IEEE International Conference on Communications (ICC), Dublin, Ireland, 2020, pp. 1-6,</p>	<p>O trabalho apresenta um novo arcabouço de telemetria de rede chamado NetView, que oferece suporte a diversas aplicações de telemetria por meio do monitoramento individual de dispositivos, feito a partir do envio proativo de sondas. Por se basear no conceito de SDN, a solução permite a definição e disparo de ações de telemetria sob demanda.</p>	<p>Não somente confirma a tendência da visão de futuro de 2019, como também apresenta um arcabouço de telemetria que pode ser adotado nas iniciativas de medições do serviço MonIPÊ e projetos relacionados.</p>
3	<p>Calder, M. (2020). <b>Client-side Active Measurements Without Application Control</b>. ArXiv, abs/2007.12798.</p>	<p>Os autores apresentam uma abordagem de medição localizada no nível da aplicação (HTTP) que faz uso de uma API Network Error Logging (NEL) para coleta de mensagens de erro de rede do lado servidor de uma CDN para identificar erros do lado cliente. A abordagem se baseia no uso do navegador para envio e recebimento de dados de monitoramento do usuário da rede.</p>	<p>Trata-se de uma abordagem relativamente simples, mas que pode servir de guia para o desenvolvimento de aplicações de monitoração para clientes das instituições usuárias da rede IP no futuro.</p>
4	<p>Robin Marx, Maxime Piraux, Peter Quax, and Wim Lamotte. <b>Debugging QUIC and HTTP/3 with qlog and qvis</b>, Proc. of the Applied Networking Research Workshop (ANRW), 2020.</p>	<p>Trata-se de um estudo subsequente ao trabalho intitulado "Towards QUIC debuggability", publicado em 2018, em que os autores propuseram o uso das ferramentas qlog e qvis para monitoração do protocolo QUIC. Neste estudo é realizada uma pesquisa de campo com a comunidade de desenvolvedores do QUIC para verificar o uso das ferramentas a fim de identificar o quão essenciais são essas ferramentas e se os desenvolvedores estariam dispostos a usá-las. Resultados do estudo atestam para uma parcela significativa de usuários das ferramentas avaliadas.</p>	<p>O trabalho apresenta dados de um estudo de campo que pode indicar tendências para ações de monitoração de aplicações no futuro com o protocolo QUIC e o HTTP/3. As aplicações usuárias dos referidos protocolos fazem parte da realidade da maioria das redes atuais. A comunidade do sistema RNP pode se beneficiar com a análise desses protocolos no futuro.</p>

5	<p>Andra Lutu, Byungjin Jun, Alessandro Finamore, Fabián E. Bustamante, and Diego Perino. <b>Where Things Roam: Uncovering Cellular IoT/M2M Connectivity.</b> ACM Internet Measurement Conference (IMC), 2020</p>	<p>Os autores apresentam a análise e caracterização de um dataset de dados de dispositivos móveis de redes celulares coletados por 11 dias de diferentes países. O estudo buscou quantificar a adoção de roaming por plataformas M2M e o impacto que eles têm sobre as operadoras de rede móvel (MNOs) visitadas pelos usuários.</p>	<p>Trata-se de um estudo que vai na linha de análise de datasets de operadoras de telefonia. A própria abordagem adotadas pelos autores pode ser usada em futuros estudos de comportamento de mobilidade de usuários apoiados pela RNP, tais como a ferramenta COVID-19 Borescope</p>
6	<p>Andra Lutu, Diego Perino, Marcelo Bagnulo, Enrique Frias-Martinez, and Javad Khangosstar. <b>A Characterization of the COVID-19 Pandemic Impact on a Mobile Network Operator Traffic.</b> ACM Internet Measurement Conference (IMC), 2020.</p>	<p>O trabalho apresenta um estudo sobre o impacto no uso e desempenho de redes celulares a partir da mudança nos padrões de mobilidade proveniente da COVID-19. O estudo envolveu a análise de um dataset real de uma operadora de telefonia.</p>	<p>O estudo tem uma relação direta com algumas ações do CT-Mon que fez a análise dos impactos na rede diante da pandemia. Além disso, o apoio da RNP em ações como o desenvolvimento da ferramenta Borescope.</p>
7	<p>Anja Feldmann, Oliver Gasser, Franziska Lichtblau, Enric Pujol, Ingmar Poesse, Christoph Dietzel, Daniel Wagner, Matthias Wichtlhuber, Juan Tapiador, Narseo Vallina-Rodriguez, Oliver Hohlfeld, and Georgios Smaragdakis. <b>The Lockdown Effect: Implications of the COVID-19 Pandemic on Internet Traffic.</b> ACM Internet Measurement Conference (IMC), 2020</p>	<p>O trabalho apresenta um estudo sobre as mudanças no perfil de tráfego de rede de backbone a partir da mudança nos padrões de mobilidade proveniente da COVID-19. O estudo envolveu a análise de um dataset real de uma operadora de telefonia.</p>	<p>O estudo tem uma relação direta com algumas ações do CT-Mon que fez a análise dos impactos na rede diante da pandemia.</p>
8	<p>J. Santos, T. Wauters, B. Volckaert and F. De Turck, <b>Towards delay-aware container-based Service Function Chaining in Fog Computing.</b> IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2020), Budapest, Hungary, 2020.</p>	<p>O trabalho apresenta uma abordagem de escalonamento ciente de rede para implantação de aplicações baseados em contêiner em ambientes de computação em névoa. Para isso, os autores sugerem a ampliação do escalonador Kubernetes para levar em consideração o status da infraestrutura de rede durante o provisionamento de recursos.</p>	<p>Trata-se de uma iniciativa de medições que adota plataformas de containers, tendência mais recente nas infraestruturas de medição. A principal relação está no planejamento na modernização do serviço MonIPÊ para uso de tais plataformas.</p>

9	R. R. Lage and A. Lambert, <b>Allocating and Scheduling Measurement Applications</b> , IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2020), Budapest, Hungary, 2020.	Trata-se de uma iniciativa que provê uma plataforma de monitoração como serviço que faz uso de containers em ambiente de nuvens. Com tais características, a plataforma proposta viabiliza o monitoramento distribuído e sob demanda a partir de uma heurística nova, também proposta pelos autores.	O trabalho apresenta uma solução de alocação e agendamento de recursos de medição através de plataformas de containers (e.g., Kubernetes). Tem uma relação direta com a modernização do serviço MonIPÊ.
10	Ahmed, Adnan & Mok, Ricky & Shafiq, Zubair, <b>FlowTrace: A Framework for Active Bandwidth Measurements Using In-band Packet Trains</b> , International Conference on Passive and Active Network Measurement (PAM 2020).	O artigo descreve a ferramenta FlowTrace que foi desenvolvida no intuito de prover medições ativas em banda, sem inclusão de tráfego adicional e com sobrecarga mínima. A solução proposta não necessita de mudanças no espaço do SO (kernel) operando, assim, no espaço do usuário.	Trata-se de uma solução que pode ser adotada em futuras ações de medições nas redes experimentais e em futuros projetos do serviço MonIPÊ.
11	Ran Ben Basat, Sivaramakrishnan Ramanathan, Yuliang Li, Gianni Antichi, Minian Yu, e Michael Mitzenmacher. <b>PINT: Probabilistic In-band Network Telemetry</b> . ACM SIGCOMM 2020.	Os autores apresentam uma solução para reduzir a sobrecarga de informação adicional resultante da telemetria em banda. O framework proposto (PINT) foi implementado através da linguagem P4 e faz uso de uma solução probabilística, configurada pelo usuário, para a redução de tráfego	Além de confirmar as tendências indicadas em visões de futuro passadas, o framework proposto pelos autores pode vir a ser adotado em futuras ações da RNP voltadas a medições baseadas em telemetria INT/P4.
12	Yu Zhou, Chen Sun, Hongqiang Harry Liu, Rui Miao, Shi Bai, Bo Li, Zhilong Zheng, Lingjun Zhu, Zhen Shen, Yongqing Xi, Pengcheng Zhang, Dennis Cai, Ming Zhang, and Mingwei Xu. <b>Flow Event Telemetry on Programmable Data Plane</b> . ACM SIGCOMM 2020.	Os autores propõem mais uma solução (Netseer) de telemetria em banda, mas que busca reduzir a sobrecarga de informação a partir de monitoração baseada em eventos.	A solução proposta pode vir a ser adotada em futuras ações da RNP voltadas a medições baseadas em telemetria INT/P4, sobretudo para endereçar questões relacionadas à sobrecarga de informação adicional aos pacotes.
13	Chongrong Fang, Haoyu Liu, Mao Miao, Jie Ye, Lei Wang, Wansheng Zhang, Daxiang Kang, Biao Lyv, Peng Cheng, and Jiming Chen. <b>VTrace: Automatic Diagnostic System for Persistent Packet Loss in Cloud-Scale Overlay Network</b> . ACM SIGCOMM 2020.	Os autores apresentam a ferramenta VTrace, utilizada para o diagnóstico da causa raiz da perda de pacotes, mas buscando baixo impacto.	A solução proposta pode vir a ser adotada em futuras ações da RNP voltadas ao diagnóstico para perda de pacotes no backbone principal e nas redes de acesso dos clientes.

14	<p>Dongzhu Xu, Anfu Zhou, Xinyu Zhang, Guixian Wang, Xi Liu, Congkai An, Yiming Shi, Liang Liu, and Huadong Ma. <b>Understanding Operational 5G: A First Measurement Study on Its Coverage, Performance and Energy Consumption.</b> ACM SIGCOMM 2020.</p>	<p>Neste relato foram apresentados os resultados de um estudo de redes 5G baseado em medições que descreve aspectos relacionados a cobertura, desempenho e consumo de energia. O estudo foi realizado numa área de um campus universitário de uma rede comercial.</p>	<p>O estudo pode servir de modelo para futuros experimentos em redes 5G envolvendo operadoras de telefonia.</p>
15	<p>Tan, Lizhuang &amp; Su, Wei &amp; Zhang, Zhenyi &amp; Miao, Jingying &amp; Liu, Xiaoxi &amp; Li, Na. <b>In-band Network Telemetry: A Survey.</b> Computer Networks (Elsevier), dezembro de 2020.</p>	<p>O trabalho apresenta uma revisão da literatura sobre telemetria em banda, abordando históricos, fundamentos, ferramentas e diferentes soluções de implementação.</p>	<p>É um excelente ponto de partida para o desenvolvimento de soluções que envolvem telemetria em banda. O trabalho pode apoiar e guiar futuros desenvolvimentos.</p>
16	<p>C. Hou, G. Gou, G. Xiong and Z. Li, <b>Joint Analysis of Port and Protocol via Endpoint Measurement: An Empirical Study,</b> Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2020), Daegu, Korea (South), 2020.</p>	<p>Os autores propõem a análise de rede P2P a partir do uso de técnicas de inspeção profunda em portas TCP e UDP de medições de uma rede real em que foram feitas classificações da carga útil de pacotes.</p>	<p>É um estudo que poderia ser reproduzido na rede da RNP a fim de viabilizar uma caracterização nos mesmos moldes.</p>
17	<p>Yahyaoui, Haythem &amp; Zhani, Mohamed Faten. <b>On Providing Low-cost Flow Monitoring for SDN Networks.</b> IEEE International Conference on Cloud Networking (IEEE CloudNet 2020)</p>	<p>A partir da modelagem em um problema de programação Inteira, os autores propõem uma abordagem para medições de fluxos que visa reduzir o custo de medição a partir da seleção de um subconjunto de switches de rede. A técnica usa como base a largura de banda disponível e a capacidade dos equipamentos.</p>	<p>A técnica pode ser adotada para a concepção de uma metodologia de medição do backbone da RNP através do serviço MonIPÊ.</p>

