

Mobile Drive Test ———

Mobile Drive Test

Blind Review*

RESUMO

Tecnologia de mobilidade se tornou essencial nos dias de hoje tal qual os serviços de energia e água em uma residência. Ter acesso à Internet é fundamental para a economia, lazer, educação, informação, segurança e outras tantas necessidades. Manter as condições básicas para que os usuários tenham uma cobertura adequada da rede móvel passou a ser um desafio imenso para as operadoras de telecomunicações. São muitas as questões que podem levar um usuário a não conseguir o sinal adequado, tais como, obstáculos, congestionamento de pessoas, equipamentos subdimensionados, aparelhos desconfigurados, etc. Cabe à operadora que tem a concessão do serviço de procurar atender aos SLAs - Service Level Agreements e dotar os clientes do melhor atendimento possível. Nesta linha, criar uma solução que consiga monitorar a qualidade do sinal, armazenar estes dados e gerar *dashboards* ou alarmes que possam prever e otimizar situações inadequadas passa a ser obrigatório. Este artigo define uma proposta de desenvolvimento de uma solução que possa realizar medições da cobertura e desempenho da rede móvel. As informações coletadas serão utilizadas para avaliar a qualidade da rede, identificar áreas de melhoria e otimização, e fornecer dados para aprimorar a experiência do usuário.

PALAVRAS-CHAVE: Rede Móvel; QoS; Cobertura de rede.

ABSTRACT

Mobility technology has become essential today, just like energy and water services in a household. Having access to the Internet is fundamental for the economy, leisure, education, information, security, and many other needs. Maintaining the basic conditions for users to have adequate mobile network coverage has become an immense challenge for telecommunications operators. There are many issues that can prevent a user from obtaining adequate signal, such as obstacles, congestion of people, undersized equipment, misconfigured devices, etc. It is up to the operator that holds the service concession to try to meet the SLAs - Service Level Agreements and to provide customers with the best possible service. In this context, creating a solution that can monitor signal quality, store this data, and generate dashboards or alarms that can predict and optimize inadequate situations becomes mandatory. This article defines a proposal of development of a solution that performs measurements of mobile network coverage and performance. The information collected will be used to assess network quality, identify areas for improvement and optimization, and provide data to enhance the user experience.



KEYWORDS: Mobile Network; QoS; Coverage of network.

1 INTRODUÇÃO

As redes móveis de 3G a 4G se tornaram uma infraestrutura crucial para suportar diversos tipos de softwares e hardwares que necessitam de uma rápida resposta e isso inclui Internet das Coisas (IoT), veículos autônomos, equipamentos médicos entre outros. A tecnologia 5G veio para acelerar e potencializar essa evolução.

Importante então desenvolver um estudo medição de redes móveis que avalie a qualidade do serviço oferecido pelas operadoras de telecom. Com a disseminação do 5G, é vital ter ferramentas robustas que permitam monitorar e analisar a qualidade da rede, assegurando que ela atenda às expectativas de velocidade e confiabilidade.

O escopo inicial deste trabalho pode subsidiar uma evolução para expandir o escopo e avaliar não apenas a cobertura, mas também o desempenho e a confiabilidade da rede 5G em diferentes

*  Universidade, Cidade, Estado, País.  blind-review@domain.

cenários e condições, como áreas urbanas densas e ambientes rurais. Paralelo a isso, pode-se explorar a utilização de técnicas avançadas de análise de dados e Inteligência Artificial para otimizar a implantação e o gerenciamento das redes móveis.

O drive test em telecomunicações é uma técnica que irá avaliar a potência e a situação da rede no geral, é comum recorrer ao uso de um veículo que seja capaz de coletar os dados através de software e hardwares, que realizam este trabalho através de um razoável esforço com movimentação por quilômetros e quilômetros dentro de um bairro ou cidade, para posteriormente descarregar os dados que servirão para análise. São definidas rotas específicas que o veículo percorre para cobrir áreas urbanas, suburbanas e rurais. Testes podem ser realizados em estradas, áreas residenciais, e locais com desafios específicos, como prédios altos.

Os dados coletados são analisados para identificar áreas com baixa qualidade de sinal, problemas de *handover*, quedas de chamadas, entre outros. São gerados relatórios detalhados que ajudam os operadores a otimizar a rede e melhorar a qualidade do serviço. Com base nos resultados do *drive test*, os operadores de rede podem realizar ajustes na configuração do serviço, como correções de potência, realocação de frequências e otimização de antenas, para melhorar a eficiência e a qualidade do serviço.

A estratégia utilizada na evolução deste trabalho consiste numa sequência de atividades, como, 1. Automatizar as medições, utilizar uma aplicação agiliza e simplifica o processo de coleta de dados; 2. Analisar em Tempo Real, as medições realizadas durante o Mobile Test Drive que fornece os dados reais de cobertura, velocidade e desempenho da rede. Essas respostas permitirão identificar problemas ou áreas de melhoria em tempo célere, facilitando a tomada de decisões e a implementação de soluções.

Complementando a fase de coleta e análise, outras atividades poderão ser executadas. A saber, entender profundamente os parâmetros de rede essenciais para a análise; prospectar soluções *open-source* que atendam a essa necessidade, efetuar um *benchmarking* das principais soluções do mercado e, por fim, gerar um *dashboard* comparativo. Esse trabalho pode subsidiar a implementação de uma solução que execute otimizações da rede com expectativas de melhorar a experiência do usuário.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Avaliar a rede por meio de soluções criadas por empresas de telecom é uma prática obrigatória desde que as concessões de telefonia móvel foram concedidas. Vários são os trabalhos que serviram de base para a construção desse artigo. A seguir, uma descrição sucinta de algumas contribuições:

(Vinhali, 2020) apresenta em seu trabalho, a evolução da rede móvel celular, abordando as características mais importantes, como: padronização, faixa de frequência, taxas de *download* e *upload*, latência, modulação, etc. Mostra também, as principais leis que regem a telefonia móvel, entre elas: o Regulamento do Serviço Móvel Pessoal (SMP), Regulamento de Gestão da Qualidade da Prestação do Serviço Móvel Pessoal (RGQ SMP) e o Procedimento de Fiscalização para Verificação do Cumprimento dos Compromissos de Abrangência e da Área de Cobertura do Serviço Móvel Pessoal. Tudo isso, para explicar a importância com qualidade de serviço e sinais. Usando aplicações, como NetLite, executa e relata medições e previsões utilizando modelos de propagações, são estudados os sinais recebidos, previstos. No final fornece uma análise dos resultados obtidos.

(Solehudin; Heryana; Hananto, s.d.) em seu artigo, entende que a medição do desempenho da rede é fator fundamental para que os usuários escolham a melhor empresa prestadora de serviço.

Apostam na solução *Drive Test* como a metodologia utilizada para aferir a performance da rede móvel. Assim, desenvolveram um estudo que analisa os resultados de um pesquisa entre os provedores de serviços. Os parâmetros utilizados nesta análise são: Potência do Código de Sinal Recebido (RSCP), ID da Célula, Relação Sinal/Ruído (SNR), Taxa de Upload e Taxa de Download. Este parâmetro é utilizado para o processo de medição do método Drive Test.

Enquanto isso, a ferramenta utilizada para coletar o valor de cada parâmetro do Drive Test é um aplicativo baseado em Android, o GNet Track Pro, um dos que foram usados no nosso artigo. Os resultados das medições com o GNet Track Pro são foram tratados e por meio do aplicativo Google Earth como área de medição. A qualidade na comunicação é muito importante nas atividades nesta era moderna. Espera-se que a qualidade de rede esperada em relação à qualidade de rede seja, na verdade, não esperada. (Zulkifley *et al.*, 2021)

Segundo (Saragih; Yuliana *et al.*, 2024). um aspecto crucial no planejamento de redes 5G é a previsão de cobertura, que permite que os provedores de rede otimizem a implantação de infraestrutura e ofereçam serviços de alta qualidade aos clientes. O estudo criado realiza uma análise abrangente dos algoritmos de aprendizado de máquina para previsão de cobertura 5G, com foco nos parâmetros de características dominantes e na precisão. Neste contexto, utilizaram técnicas como o algoritmo Random Forest, que demonstrou desempenho superior aos demais. O modelo CNN, o destaque entre os algoritmos de aprendizado profundo, alcançou valores com alta precisão na previsão de cobertura 5G. A pesquisa destacou a relevância dos algoritmos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo na previsão da cobertura 5G e recomenda seu uso no desenvolvimento e otimização de redes. Essas previsões precisas facilitam a alocação eficiente de recursos pelos provedores de rede, garantindo serviços de alta qualidade no rapidamente em evolução cenário da tecnologia 5G. Uma compreensão profunda da previsão de cobertura continua sendo fundamental para um planejamento de rede bem-sucedido e provisão confiável de serviços na era 5G.

Nessa situação, foi feito um esforço executar um *drive test*, primeiro, para gerar o conjunto de dados de treinamento do modelo e para gerar um conjunto de dados de teste. Os dados do teste de drive devem ser limpos antes que qualquer procedimento de preparação de conjunto de dados possa começar. Os dados adquiridos sob condições estáticas devem ser excluídos para verificar se os dados estão livres de erros. A partir da especificação da estação base, foram coletados vários parâmetros que usados para o modelo de treinamento do conjunto de dados, por exemplo, tipo de antena, altura da antena da estação base acima do nível do mar (ASL), grau de inclinação da antena, coordenadas da posição da estação base e direção da antena. A partir dos resultados do teste de drive obtidos, foram extraídos posteriormente na forma de .csv e, em seguida, processados. A partir dos resultados do processamento foram usados para o modelo de treinamento.

3 ASPECTOS TÉCNICOS

No mundo cada vez mais conectado de hoje, a qualidade e a confiabilidade das redes móveis são cruciais para a comunicação e para o acesso a serviços digitais. Desde chamadas de voz e mensagens de texto até aplicações de alta demanda como streaming de vídeo e jogos online, a dependência de uma conexão móvel robusta nunca foi tão grande. Para garantir um desempenho ideal e resolver problemas de conectividade, é essencial monitorar e analisar diversas métricas de rede.

O monitoramento de redes móveis envolve a coleta e análise de dados sobre a intensidade do sinal, qualidade do canal, desempenho de transferência de dados e confiabilidade da conexão. Essas informações são fundamentais para operadores de rede e engenheiros de telecomunicações, permitindo-lhes identificar áreas de cobertura fraca, resolver interferências e otimizar a infraestrutura de rede.

Dado esse contexto, vamos entender melhor alguns conceitos fundamentais que estão envolvidos com essa questão dos monitoramentos, uma vez que são utilizados diversos tipos de métricas para avaliar a qualidade de uma rede móvel. Entender e monitorar essas métricas não é apenas uma questão técnica, mas também um passo estratégico para garantir que as redes móveis atendam às crescentes demandas dos consumidores e suportem a vasta gama de aplicações modernas. Através de uma análise meticulosa e de estudos de caso ilustrativos, este trabalho pretende fornecer uma base sólida para profissionais e pesquisadores no campo das telecomunicações (Caetano, 2023), (Nascimento, 2012), (Ginar *et al.*, 2022), (Duarte, 2014).

Latitude e Longitude : Fornece a localização de qualquer ponto da superfície terrestre.

RSRP: Reference Signal Received Power (RSRP) é uma métrica vital usada em comunicação sem fio, particularmente em redes celulares. Ele quantifica a força do sinal recebido da estação base da célula de serviço. Essencialmente, ele mede o quão forte é a conexão entre seu dispositivo (por exemplo, smartphone) e a torre de celular primária à qual você está conectado. O RSRP é tipicamente expresso em decibéis (dBm). Os valores de trabalho típicos do RSRP estão na faixa de -130 dBm (distante do local) a -50 dBm (muito próximo do local), onde valores mais negativos indicam intensidade de sinal mais fraca e valores menos negativos refletem força de sinal mais forte. O RSRP é medido pelo telefone móvel ao receber os sinais de referência transmitidos pelas estações base (torres de celular). Esses sinais de referência são projetados especificamente para permitir que os dispositivos móveis avaliem a força do sinal de uma célula específica.

RSRQ: Reference Signal Received Quality (RSRQ) quantifica a qualidade do sinal de referência recebido da estação base da célula de serviço (torre de celular). Essa métrica mede a intensidade do sinal, semelhante à Potência do Sinal de Referência Recebido (RSRP), mas vai um passo além ao avaliar o nível de interferência e ruído no sinal recebido. Os valores de trabalho típicos do RSRQ estão na faixa de -3 dB (baixa/nenhuma interferência) a -18 dB (alta carga/alta interferência), valores mais altos indicam um RSRQ mais favorável e melhor qualidade de sinal. Ele é um indicador crucial para a confiabilidade e eficiência das conexões sem fio. O telefone utiliza a fórmula $RSRQ = RSRP / (N \times N_s)$, onde N é o número de blocos de recursos e N_s é a potência recebida das células não servidas. Isso fornece uma medida da qualidade do sinal em relação ao ruído e interferência.

SINR: Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio (SINR) é uma métrica resultada da combinação de alguns fatores como a potência do sinal (S) que vai medir a potência do sinal, a potência de interferência (I) que é a presença de sinais indesejados ou ruído que podem distorcer o sinal desejado e a Potência de ruído (N): o ruído de fundo intrínseco que existe em todos os sistemas de comunicação sem fio. Dessa forma, o SINR é a razão entre a potência recebida e a interferência (mais ruído). É expressa em decibéis (dB) e é uma medida logarítmica que fornece uma imagem clara da qualidade do sinal. Valores mais altos de SINR indicam um sinal mais forte, menos ruidoso e menos interferido, resultando em melhor qualidade de sinal. O telefone avalia a qualidade do sinal ao considerar a quantidade de interferência e ruído presente no ambiente. A fórmula básica é $SINR = RSRP / (Interferência + Ruído)$.

Tecnologia: Outra informação importante que precisamos saber é o tipo de tecnologia de rede que estamos operando como por exemplo: 3G,4G,5G.

Velocidade: Refere-se à taxa de transferência de dados que um usuário experimenta em uma rede. É geralmente medida em megabits por segundo (Mbps) ou gigabits por segundo (Gbps).

Throughput: É quantidade de dados que pode ser transmitida através de uma rede em um determinado período de tempo. É uma medida da eficiência da rede e é geralmente expressa em bits por segundo (bps).

PCI: Se refere ao identificador físico de uma célula em uma rede celular LTE. Ele ajuda os

dispositivos a identificar e se conectar à célula correta na rede.

4 IMPORTÂNCIA DAS MÉTRICAS DE QUALIDADE DE REDE

A compreensão e o monitoramento contínuo das métricas de qualidade de rede, como RSRP, RSRQ e SINR, são fundamentais para as operadoras de telecomunicações. Essas métricas não apenas fornecem um panorama da saúde da rede, mas também são cruciais para a identificação proativa de problemas e para a otimização da infraestrutura existente. Uma rede com bom desempenho se traduz diretamente em uma melhor experiência para o usuário final, o que é um diferencial competitivo no mercado atual.

O RSRP, por exemplo, é um indicador direto da força do sinal. Valores baixos de RSRP podem indicar áreas de sombra, onde o sinal da torre de celular é fraco, resultando em chamadas perdidas ou baixa velocidade de dados. Já o RSRQ, ao considerar a interferência e o ruído, oferece uma visão mais completa da qualidade do sinal. Um RSRQ baixo, mesmo com um RSRP aceitável, pode sinalizar que o dispositivo está recebendo um sinal forte, mas com muita interferência de outras células ou fontes de ruído, o que degrada a qualidade da comunicação.

O SINR, por sua vez, é talvez a métrica mais abrangente, pois combina a potência do sinal com a interferência e o ruído. Um SINR elevado é sinônimo de uma conexão robusta e de alta qualidade, essencial para aplicações que demandam grande largura de banda e baixa latência, como streaming de vídeo em 4K, jogos online e aplicações de realidade virtual/aumentada. A otimização dessas métricas permite que as operadoras ajustem a potência das estações base, realoquem frequências e implementem soluções para mitigar a interferência, garantindo assim uma rede mais eficiente e confiável.

Além disso, a análise dessas métricas em conjunto com dados de localização (Latitude e Longitude) permite a criação de mapas de cobertura detalhados, que são ferramentas valiosas para o planejamento de rede e para a identificação de áreas que necessitam de investimento em infraestrutura. A capacidade de identificar e resolver problemas de rede de forma rápida e eficiente é vital para manter a satisfação do cliente e para garantir a conformidade com os Acordos de Nível de Serviço (SLAs).

5 METODOLOGIA PROPOSTA

Para o desenvolvimento da solução de monitoramento e análise da qualidade da rede móvel, propõe-se uma metodologia que abrange desde a coleta de dados até a visualização e análise das informações. A abordagem será dividida em fases, garantindo um processo estruturado e iterativo.

5.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados será realizada por meio de um aplicativo móvel desenvolvido especificamente para este fim. Este aplicativo deverá ser capaz de registrar as métricas de rede (RSRP, RSRQ, SINR, Tecnologia, Velocidade, Throughput, PCI) em tempo real, juntamente com as coordenadas geográficas (Latitude e Longitude) do dispositivo. A frequência de coleta de dados será configurável, permitindo ajustes conforme a necessidade da análise. O aplicativo também deverá ser capaz de operar em segundo plano, minimizando a interferência na experiência do usuário do dispositivo.

5.2 ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS

Os dados coletados pelo aplicativo móvel serão enviados para um servidor central. Isso permitirá um armazenamento eficiente e uma recuperação rápida dos dados para análise. A análise dos dados será realizada por meio de *scripts* e ferramentas de análise de dados, com foco na identificação de padrões, anomalias e tendências na qualidade da rede. Serão desenvolvidos algoritmos para identificar áreas com baixa cobertura, alta interferência ou baixo desempenho, utilizando as métricas coletadas. A visualização dos dados será feita através de *dashboards* interativos, que permitirão aos engenheiros de telecom e gestores monitorar a saúde da rede em tempo real, identificar problemas e tomar decisões baseadas em dados. Mapas de calor serão utilizados para representar as métricas de forma clara e intuitiva.

Com base nas análises e visualizações, poderão ser identificadas as áreas que necessitam de ajustes e para implementação de soluções de otimização e melhoria contínua. Isso pode incluir ajustes na configuração das estações base, instalação de novas antenas, realocação de frequências ou implementação de soluções para diminuir a interferência. A metodologia proposta prevê um ciclo de melhoria contínua, onde as ações de otimização são implementadas, e os resultados são monitorados e avaliados, garantindo que a qualidade da rede esteja sempre em evolução.

6 DESENVOLVIMENTO

A implementação deste projeto prevê os seguintes passos:

- Estágio 1: Levantamento dos parâmetros essenciais e compreensão dos parâmetros de rede;
- Estágio 2: Prospecção das principais plataformas disponíveis no mercado;
- Estágio 3: Seleção dos softwares *compliance* com os requisitos pré-definidos;
- Estágio 4: Coleta dos dados e validação dos resultados com dados adquiridos no modelo tradicional;
- Estágio 5: Análise de viabilidade de implantação e apresentação da solução.

Será necessário um apoio da equipe de engenheiros de telecomunicação e dos técnicos de campo que possuem experiências quanto ao processo tradicional usado até então. A orientação quanto aos melhores locais de avaliação será importante porque gera maior possibilidade de encontrar situações adversas que comprometem a experiência do usuário.

Para essa implementação, será necessário também ter acesso às bases de dados de alarmes que poderão ser "casadas" com os dados coletados e gerar uma interrelação que consiga inserir o NOC *Network Operation Center* no processo. Assim, o volume absurdo de alarmes que são gerados hoje poderão garantir uma perspectiva melhor de monitoramento com resoluções antecipadas.

Será feita uma comparação entre os vários *softwares* disponíveis, como por exemplo, Gnet Track, Netmonitor, Network Cell Info, NetMonster, CellMapper e Wave. Após os testes com todos estes aplicativos, poderá ser criado um mapa comparativo com as seguintes colunas:

- Horizontal: ferramentas utilizadas nos testes;
- Vertical: *throughput*, coordenadas, PCI, nível de sinal da rede, tecnologia [3G, 4G, 5G], RSRP, RSRQ, SINR/SNR, exportação de dados, custo

Além da comparação, será avaliado a simplicidade de cada solução, a flexibilidade no uso e as respostas com amostragens menores. Especificamente em relação ao uso dos aplicativos nos *smartphones*, será verificado se existe a dependência de estruturas para a utilização, se dados podem ser coletados de diferentes aparelhos e ainda se existe coleta de dados semi-automática.

Outro ponto fundamental é que técnicas de IA deverão ser usadas para fornecer respostas

mais conclusivas e um aproveitamento de fato de todo a base de dados que aumenta a cada dia em bilhões de registros. Por fim, algumas questões serão esclarecidas. A saber:

- A execução dos testes exige a participação dos técnicos de campo?
- Será necessário um número de aparelho em maior quantidade para suportar as rotas a serem percorridas?
- A comparação com resultados obtidos do drive teste tradicional mostrou assertividade?

As respostas a essas perguntas e os resultados dos testes realizados após a coleta de dados poderão definir pela viabilidade ou não da implantação do projeto *Mobile Drive Test*.

As linhas de orientação definidas neste trabalho são reais e foram pautadas em discussões técnicas com profissionais que fazem as melhoras manuais em sistema de telecom, com técnicos de campo que vivem o dia a dia de problemas e tentam prevenir ou remediar e ainda nas percepções de pesquisadores com seus artigos como citado na seção 2. O fato é que implementar soluções que tornem a rede móvel cada vez mais eficiente é questão crucial para empresas que prestam serviços de telecomunicações e espera-se que a proposta apresentada aqui possa servir como orientação e posterior desenvolvimento.

Agradecimentos

Este artigo contou com a colaboração da Algar Telecom e do Brain - Instituto de Ciência e Tecnologia na figura dos engenheiros de telecom e técnicos de campo. A juda valorosa dos pesquisadores do BIRD - Brain Innovation Research and Development também foi fundamental.

REFERÊNCIAS

CAETANO, Isabela Mansur. Análise de dados para correlacionar o nível de satisfação do cliente com a qualidade de rede: um ensaio técnico. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2023.

DUARTE, David Eduardo Correia. Otimização da lista de células vizinhas em redes LTE. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014.

GINAR, Cristiano Telles *et al.* ANÁLISE FUNCIONAL DA COBERTURA DE REDES MÓVEIS NA CIDADE DE PELOTAS-RS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, p. 16–108, 2022.

NASCIMENTO, João Filipe Nunes do. Análise de desempenho em redes móveis Long Term Evolution (Parceria CELFINET), 2012.

SARAGIH, Geo Perdana; YULIANA, Hajjar *et al.* Comparison of Cellular Network Coverage Prediction Using Machine Learning Algorithms and Conventional Models. *In*: IEEE. 2024 18th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA). [S. l.: s. n.], 2024. P. 1–5.

SOLEHUDIN, Arip; HERYANA, Nono; HANANTO, Agustia. Analysis of Signal Quality, Voice Service, and Data Access on Telkomsel and Indosat Providers in Pakisjaya District.

VINHAL, Matheus Padilha. Evolução da telefonia móvel celular, cumprimento de Leis e análise de modelos de propagação. Universidade Federal de Uberlândia, 2020.

ZULKIFLEY, Muhammad Aidiel *et al.* Mobile network performance and technical feasibility of LTE-powered unmanned aerial vehicle. **Sensors**, MDPI, v. 21, n. 8, p. 2848, 2021.