



ERICSSON



HUAWEI

OTIMIZAÇÃO DE REDES MÓVEIS

UM GUIA PRÁTICO

Do Básico à Excelência Operacional –
Guia Completo para 2G, 3G, 4G e 5G
Ericsson, Nokia e Huawei

AMOSTRA

Para adquirir o livro completo acesse livros.wagner.com.br

WAGNER R BOMFIM

Prefácio

A otimização de redes móveis é a arte e a ciência de extrair o máximo desempenho, capacidade e qualidade de uma rede celular. Em um mundo cada vez mais conectado, onde a experiência do usuário é paramount, o trabalho do otimizador de rede é crucial. Este livreto foi concebido como um guia prático e direto, que conduz o leitor desde os conceitos fundamentais até as técnicas avançadas de otimização, com um olhar específico para os três principais fornecedores de infraestrutura: Ericsson, Nokia e Huawei. Seja você um engenheiro júnior, um técnico experiente ou um estudante, encontrará aqui um roteiro valioso para suas atividades.

DOMINE A ARTE E CIÊNCIA DA OTIMIZAÇÃO DE REDES MÓVEIS

Em um mundo cada vez mais conectado, onde a qualidade da rede móvel se tornou fator decisivo para o sucesso de operadoras e a satisfação de milhões de usuários, este livro se apresenta como a mais completa e atualizada referência sobre otimização de redes móveis.

O QUE VOCÊ ENCONTRARÁ NESTA OBRA:

- **Metodologias Comprovadas:** Processos passo a passo para otimização sistemática e resultados mensuráveis
- **Multi-tecnologia:** Abordagens detalhadas para GSM, WCDMA, LTE e 5G (NSA & SA)
- **Ferramentas Especializadas:** Uso avançado de TEMS, Nemo, XCAL, Probe e PHU
- **Casos Reais:** Estudos detalhados de problemas complexos e suas soluções
- **Otimização por Fabricante:** Configurações específicas para Ericsson, Nokia e Huawei
- **Tendências Futuras:** IA/ML, SON, Cloud e Realidade Aumentada aplicadas à otimização

PARA QUEM É ESTE LIVRO:

- **Engenheiros de RF e Otimização** que buscam aprofundar conhecimentos técnicos

- **Gestores de Redes Móveis** que necessitam de visão estratégica e métricas de negócio
- **Estudantes de Telecomunicações** em busca de fundamentos sólidos e aplicações práticas
- **Profissionais de Operadoras** que desejam excelência operacional e vantagem competitiva
- **Consultores Técnicos** que precisam de referência abrangente e atualizada

DIFERENCIAIS DA OBRA:

- **Abordagem Prática:** Conceitos técnicos explicados através de aplicações reais
- **Completa Atualização:** Cobertura das mais recentes tecnologias 5G SA e Massive MIMO
- **Multi-ferramentas:** Integração entre diferentes sistemas de coleta e análise
- **Visão Estratégica:** Alinhamento entre técnica pura e objetivos de negócio
- **Language Acessível:** Explicações técnicas complexas apresentadas de forma clara

SOBRE A ABORDAGEM:

Este livro transcende o manual técnico tradicional, apresentando a otimização como um processo contínuo e estratégico que conecta a infraestrutura de rede à experiência

do usuário final. Através de metodologias validadas em campo e casos reais de sucesso, o leitor é guiado desde os fundamentos até as técnicas mais avançadas, sempre com foco na excelência operacional e na criação de valor.

"Não é apenas sobre fazer a rede funcionar, mas sobre fazê-la excelente - todos os dias, para todos os usuários, em todas as condições."

AMOSTRA

SUMÁRIO

Capítulo 1: Introdução à Otimização de Redes Móveis

- 1.1 O que é Otimização e Por Que é Importante?
- 1.2 O Ciclo de Vida da Otimização: Drive Tests, KPIs, Ajustes e Monitoramento
- 1.3 Visão Geral das Tecnologias: 4G (LTE) e 5G (NSA & SA)

Capítulo 2: O Processo de Otimização Passo a Passo

- 2.1 Fase 1: Definição de Objetivos e Metas (KPIs-Chave)
- 2.2 Fase 2: Coleta de Dados (Drive Tests, Scanners, Medições OSS)
- 2.3 Fase 3: Análise de Dados e Identificação de Problemas
- 2.4 Fase 4: Formulação e Implementação de Ações Corretivas
- 2.5 Fase 5: Verificação e Consolidação dos Resultados

Capítulo 3: Conceitos Técnicos para Otimização

- 3.1 Parâmetros de Rádio Fundamentais: RSRP, RSRQ, SINR
- 3.2 Handover (Mobilidade) e seus Parâmetros
- 3.3 Gerenciamento de Carga e Interferência
- 3.4 Otimização de Antenas: Azimute, Tilt Mecânico e Elétrico

Capítulo 4: Otimização em Equipamentos Ericsson

- 4.1 Introdução ao OSS-RC e ao ENM (Ericsson Network Manager)
- 4.2 Principais Comandos e Caminhos de Parâmetros no RBS (Radio Base Station)
- 4.3 Ajustes de Handover (Ex: A3 Offset, Hysteresis)

4.4 Otimização de Cobertura (Ex: RS Power, Pmax)

4.5 Análise de KPIs através do ENM

Capítulo 5: Otimização em Equipamentos Nokia

5.1 Introdução ao NetAct e ao CM Editor

5.2 Principais Comandos e Caminhos de Parâmetros no AirScale

5.3 Ajustes de Handover e Mobilidade

5.4 Controle de Cobertura e Interferência (Ex: RSRP, CIO)

5.5 Monitoramento de Performance via NetAct

Capítulo 6: Otimização em Equipamentos Huawei

6.1 Introdução ao M2000 / U2020

6.2 Navegação e Comandos no BTS e na BaseStation

6.3 Ajustes de Handover (Ex: Evento A3, Cell Reselection)

6.4 Otimização de Potência e Cobertura

6.5 Utilizando o Huawei Assistant para Análise

Capítulo 7: Casos Práticos de Otimização

7.1 Caso 1: Resolução de Call Drops em Área Urbana (Huawei)

7.2 Caso 2: Melhoria de Throughput em Estádio (Ericsson)

7.3 Caso 3: Otimização de Handover em Rodovia (Nokia)

Capítulo 8: Ferramentas e Tendências Futuras

8.1 Ferramentas de Análise: TEMS, Nemo, Actix

8.2 Introdução à SON (Self-Organizing Networks)

8.3 Otimização para 5G Standalone (SA) e Massive MIMO

8.4 O Papel da IA e do ML na Otimização

Capítulo 9: Ferramentas de Coleta e Análise - Especificações e Diferenciais

9.1 Sistemas Probe - O Monitoramento Passivo da Rede

9.2 TEMS Investigation - A Análise em Tempo Real

9.3 Nemo Outdoor - A Coleta em Larga Escala

9.4 XCAL - A Análise Profunda de Protocolo

9.5 PHU (Per-Hour Utilization) - A Análise de Padrões Temporais

Capítulo 10: Metodologias de Coleta por Tecnologia

10.1 Configurações para GSM: Parâmetros e Métricas Específicas

10.2 Configurações para WCDMA: Parâmetros e Métricas Específicas

10.3 Configurações para LTE: Parâmetros e Métricas Específicas

10.4 Configurações para 5G NR: Parâmetros e Métricas Específicas

10.5 Coleta Multi-tecnologia: Desafios e Soluções

Capítulo 11: Análise de Dados e Correlação

11.1 Metodologia de Análise de Root Cause

11.2 Correlação entre Diferentes Fontes de Dados

11.3 Análise Estatística Aplicada à Otimização

11.4 Identificação de Padrões e Tendências

11.5 Validação de Resultados e Impacto

Capítulo 12: Relatórios e Dashboards

- 12.1 Templates de Relatórios Automatizados por Ferramenta
- 12.2 Dashboards Interativos para Monitoramento
- 12.3 KPIs e Métricas para Diferentes Públicos
- 12.4 Apresentação de Resultados para Tomada de Decisão

Capítulo 13: Metodologias de Análise Avançada

- 13.1 Análise de Root Cause com Múltiplas Ferramentas
- 13.2 Análise Comparativa: Benchmarks e Concorrência
- 13.3 Análise de Impacto de Mudanças na Rede
- 13.4 Análise Preditiva e Proativa

Capítulo 14: Aplicações Práticas por Tipo de Projeto

- 14.1 Projetos de Expansão de Cobertura
- 14.2 Projetos de Melhoria de Qualidade
- 14.3 Projetos de Otimização de Capacidade
- 14.4 Projetos de Troubleshooting Complexo
- 14.5 Projetos de Benchmarking Competitivo

Capítulo 15: Boas Práticas e Padrões do Setor

- 15.1 Padrões de Qualidade e Referências do Mercado
- 15.2 Frequência e Periodicidade de Monitoramento
- 15.3 Documentação e Manutenção de Histórico
- 15.4 Metodologias de Validação e Verificação
- 15.5 Gestão de Mudanças e Controle de Impacto

Capítulo 16: Estudos de Caso Avançados

- 16.1 Caso: Otimização de Rede 5G NSA em Área Metropolitana
- 16.2 Caso: Migração de Tecnologia 3G para 4G

16.3 Caso: Otimização para Aplicações Críticas (IoT, V2X)

16.4 Caso: Gestão de Capacidade em Eventos de Massa

16.5 Caso: Otimização Multi-vendor em Rede Híbrida

Capítulo 17: Ferramentas Emergentes e Futuro da Otimização

17.1 Plataformas de Otimização Baseadas em Nuvem

17.2 Integração com Sistemas de Business Intelligence

17.3 Automação Avançada e Machine Learning Aplicado

17.4 Realidade Aumentada para Operações de Campo

17.5 Tendências e Evolução das Ferramentas de Otimização

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO À OTIMIZAÇÃO DE REDES MÓVEIS

1.1 O que é Otimização e Por Que é Importante?

A otimização de redes móveis é um processo técnico contínuo e sistemático que visa extrair o máximo desempenho possível da infraestrutura de rede existente. Imagine que a rede móvel é como um sistema viário complexo: a otimização seria o trabalho de engenheiros de tráfego que ajustam semáforos, criam faixas exclusivas, melhoram a sinalização e otimizam os fluxos de veículos para garantir que o tráfego flua da melhor maneira possível, evitando congestionamentos e garantindo que todos cheguem ao seu destino rapidamente e com segurança.

Em termos técnicos concretos, a otimização envolve:

- **Ajuste fino de parâmetros de rádio:** Modificar a potência de transmissão das antenas, ajustar ângulos de inclinação, otimizar handovers (transferências entre células), e calibrar centenas de outros parâmetros que controlam como os sinais de rádio se comportam no ambiente.
- **Análise de desempenho contínua:** Monitorar constantemente centenas de indicadores técnicos que mostram a "saúde" da rede, identificando problemas antes que se tornem críticos.
- **Correção de problemas específicos:** Resolver questões como quedas de chamada em determinados locais,

lentidão na internet em horários específicos, áreas sem cobertura adequada, ou interferência entre células vizinhas.

- **Melhoria de eficiência operacional:** Garantir que os recursos de rede (espectro radioelétrico, capacidade de processamento, energia) sejam utilizados da forma mais eficiente possível, permitindo que mais usuários sejam atendidos com a mesma infraestrutura.

A importância da otimização se manifesta em vários níveis:

- **Experiência do Usuário Final:** Quando você faz uma chamada e ela cai inexplicavelmente, ou quando a internet fica extremamente lenta em determinado local, ou quando os vídeos travam constantemente - todos esses são problemas que uma boa otimização pode resolver. Usuários satisfeitos tendem a permanecer com a operadora e recomendar seus serviços.
- **Eficiência Operacional e Econômica:** Operadoras que otimizam bem suas redes conseguem atender mais usuários com a mesma infraestrutura, adiando investimentos em novas antenas e equipamentos. Uma rede bem otimizada consome menos energia, requer menos manutenção e opera de forma mais previsível.
- **Vantagem Competitiva:** Em mercados de telecomunicações saturados, onde todas as operadoras oferecem preços similares, a qualidade da rede

frequentemente se torna o fator decisivo na escolha do consumidor. Uma rede bem otimizada pode ser a diferença entre ganhar ou perder clientes.

- **Preparação para Serviços Futuros:** A otimização adequada cria a base sólida necessária para suportar serviços emergentes como Internet das Coisas (IoT), carros conectados, realidade aumentada e telemedicina, que exigem performance extremamente confiável.

1.2 O Ciclo de Vida da Otimização: Drive Tests, KPIs, Ajustes e Monitoramento

O processo de otimização segue um ciclo contínuo e iterativo, composto por fases interligadas que se repetem constantemente. Este ciclo garante que a rede seja continuamente aprimorada e adaptada às mudanças no ambiente e nos padrões de uso.

Drive Tests (Testes de Condução) são coletas de dados realizadas por veículos especialmente equipados que percorrem rotas pré-definidas. Estes veículos funcionam como laboratórios móveis, carregando:

- **Scanners profissionais:** Dispositivos especializados que medem todos os sinais de rádio presentes na área, independentemente de estarem conectados à rede da operadora ou de concorrentes. Eles fornecem uma visão completa do ambiente radioelétrico.

- **Telefones de teste:** Aparelhos que simulam o comportamento de usuários reais, fazendo chamadas, enviando mensagens, navegando na internet e usando aplicativos, enquanto coletam dados detalhados sobre a experiência.
- **Sistemas de GPS de alta precisão:** Que correlacionam exatamente cada medição com sua localização geográfica, permitindo criar mapas precisos de cobertura e qualidade.
- **Computadores com software especializado:** Que coletam, processam e analisam dados em tempo real, permitindo que os engenheiros identifiquem problemas durante o próprio teste.

KPIs (Key Performance Indicators - Indicadores-Chave de Desempenho) são as "notas" ou "termômetros" da rede. Eles quantificam objetivamente o desempenho em diferentes aspectos:

- **Taxa de queda de chamadas:** Percentual de chamadas que são interrompidas involuntariamente antes de sua conclusão normal. Em redes bem otimizadas, este valor deve ser inferior a 1%.
- **Taxa de sucesso de chamadas:** Percentual de tentativas de chamada que são completadas com sucesso. Valores acima de 99% são considerados excelentes.

- **Acessibilidade:** Capacidade dos usuários de se conectarem à rede quando necessário, medida através de indicadores como RRC Success Rate e E-RAB Success Rate.
- **Throughput:** Velocidade de transferência de dados, tanto em download (direção da rede para o usuário) quanto upload (direção do usuário para a rede).
- **Latência:** Tempo que leva para um pacote de dados ir de um ponto a outro na rede. Crucial para aplicações em tempo real como jogos online e videoconferências.

Ajustes são as intervenções técnicas realizadas na rede para corrigir problemas ou melhorar performance:

- **Ajustes de RF (Radio Frequency):** Envolvem modificações físicas ou de configuração nas antenas - mudança de ângulos (tilt), direção (azimute), altura, ou potência de transmissão.
- **Ajustes de parâmetros:** Modificação de configurações de software que controlam o comportamento inteligente da rede - critérios para handover, algoritmos de controle de potência, políticas de admission control.
- **Otimização de cobertura:** Correção de áreas com sinal fraco ou inexistente através de reorientação de antenas, ajuste de potências, ou instalação de equipamentos complementares.

Monitoramento é a observação contínua e sistemática do desempenho da rede:

- **Sistemas OSS (Operational Support Systems):** Plataformas que coletam dados de todos os elementos da rede 24 horas por dia, 7 dias por semana.
- **Ferramentas de análise avançada:** Que processam os dados coletados, identificam padrões, detectam anomalias e geram alertas quando problemas são detectados ou quando performance cai abaixo de limites estabelecidos.
- **Relatórios automáticos:** Que mostram tendências ao longo do tempo, comparam performance entre diferentes áreas ou períodos, e fornecem insights para tomada de decisão.

1.3 Visão Geral das Tecnologias: 4G (LTE) e 5G (NSA & SA)

As redes móveis evoluíram através de gerações tecnológicas, cada uma trazendo avanços significativos em capacidade, velocidade e capabilities. Entender estas tecnologias é fundamental para uma otimização eficaz.

4G (LTE - Long Term Evolution) representa a quarta geração de redes móveis, trazendo avanços revolucionários:

- **Arquitetura totalmente baseada em IP:** Diferente das gerações anteriores que tinham infraestruturas separadas para voz e dados, o LTE usa apenas redes IP

(Internet Protocol) para todos os serviços. Isto simplifica a arquitetura e reduz custos.

- **Desempenho significativamente melhorado:** Oferece latências na faixa de 20-40 milissegundos (contra 100-200ms do 3G) e velocidades teóricas de até 300 Mbps em download. Na prática, usuários experimentam tipicamente 10-50 Mbps.
- **Tecnologias de acesso radioelétrico avançadas:** Utiliza OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) para downlink, que é mais eficiente em lidar com multipath propagation (reflexões de sinal), e SC-FDMA para uplink, que é mais eficiente em termos de consumo de bateria dos dispositivos.
- **MIMO (Multiple Input Multiple Output):** Usa múltiplas antenas tanto na estação base quanto nos dispositivos para melhorar a capacidade e a confiabilidade através de spatial diversity.
- **Voz sobre LTE (VoLTE):** Transmite chamadas de voz como pacotes de dados através da rede 4G, oferecendo qualidade de voz superior e tempos de estabelecimento mais rápidos.

5G (NSA & SA) representa a quinta geração, trazendo não apenas melhorias incrementais, mas capacidades radicalmente novas:

- **NSA (Non-Standalone):** É uma arquitetura de transição que usa a rede 4G existente como base para funções de controle e adiciona capacidades 5G para aumento de capacidade de dados. Imagine um carro com motor 4G que ganha um turbo 5G - a base é antiga, mas o desempenho é melhorado.
- **SA (Standalone):** É uma arquitetura independente e completa 5G, com core network dedicada e todas as funções implementadas nativamente em 5G. É como ter um carro totalmente novo, projetado desde o início para ser 5G.
- **Vantagens fundamentais do 5G:**
 - **Latência ultra-baixa:** Menos de 10 milissegundos, possibilitando aplicações em tempo real crítico como cirurgia remota e controle de veículos autônomos.
 - **Largura de banda extrema:** Até 10 Gbps em condições ideais, suportando streaming de vídeo 8K e realidade virtual.
 - **Massive IoT:** Suporte a até 1 milhão de dispositivos por quilômetro quadrado, habilitando cidades inteligentes com sensores everywhere.
 - **Confiabilidade extrema:** 99.999% de disponibilidade para aplicações críticas.

- **Tecnologias habilitadoras do 5G:**
 - **Massive MIMO:** Arrays com dezenas ou centenas de elementos de antena que formam feixes direcionais precisos.
 - **Beamforming:** Focalização dinâmica do sinal diretamente para cada usuário, melhorando a eficiência.
 - **Network Slicing:** Criação de redes virtuais dedicadas para diferentes tipos de serviços com requisitos específicos.
 - **Edge Computing:** Processamento de dados mais próximo dos usuários, reduzindo latência.

A otimização em 5G introduz novos desafios e oportunidades, como a gestão dinâmica de feixes (beam management), a coordenação entre diferentes faixas de frequência (sub-6 GHz e mmWave), e a garantia de qualidade de serviço em network slices dedicados a aplicações específicas.

CAPÍTULO 2: O PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO PASSO A PASSO

2.1 Fase 1: Definição de Objetivos e Metas (KPIs-Chave)

A primeira fase do processo de otimização é crucial pois estabelece o que será medido, como será medido e quais são os resultados desejados. Sem objetivos claros e mensuráveis, a

otimização torna-se um exercício aleatório sem direção definida.

KPIs-Chave (Key Performance Indicators) são métricas quantificáveis que refletem aspectos críticos do desempenho da rede. Eles funcionam como instrumentos de medição em um laboratório - cada um revela algo específico sobre a "saúde" da rede:

- **Acessibilidade:** Mede a capacidade dos usuários de obterem serviço quando necessário. Inclui:
 - **RRC Success Rate:** Taxa de sucesso no estabelecimento da conexão inicial entre o dispositivo e a rede. Valores acima de 99.5% são considerados excelentes.
 - **E-RAB Success Rate:** Taxa de sucesso no estabelecimento dos bearers de dados que carregam o tráfego real. Meta típica é superior a 99.0%.
- **Retenção:** Avalia a capacidade da rede de manter os serviços uma vez estabelecidos. Compreende:
 - **Drop Call Rate (DCR):** Percentual de chamadas que são interrompidas involuntariamente após o estabelecimento bem-sucedido. Em redes otimizadas, deve ser inferior a 1.0%.

- **E-RAB Drop Rate:** Taxa de queda das conexões de dados. Valores abaixo de 0.8% são considerados bons.
- **Mobilidade:** Mede a eficiência com que a rede gerencia o movimento dos usuários entre células. Inclui:
 - **Handover Success Rate (Intra-LTE):** Sucesso nas transferências entre células da mesma tecnologia LTE. Deve exceder 98%.
 - **Handover Success Rate (Inter-RAT):** Sucesso nas transferências entre tecnologias diferentes (ex: LTE para 3G). Meta típica é superior a 96%.
- **Throughput e Qualidade de Serviço:**
 - **Downlink Average Throughput:** Velocidade média de download experimentada pelos usuários. Valores acima de 25 Mbps são considerados bons.
 - **Uplink Average Throughput:** Velocidade média de upload. Meta típica é superior a 8 Mbps.
 - **Cell Edge Performance (5th Percentile):** Performance dos usuários na pior situação de cobertura (geralmente na borda da célula). Deve ser pelo menos 2 Mbps em download e 1 Mbps em upload.