

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA
Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Campus Itapetininga

**SIMULAÇÃO DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS UTILIZANDO
MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO ESPACIAL PARA REDES
METROPOLITANAS**

Gustavo Tadeu Gallego da Silva – PIBIFSP¹

Prof. Dr. Rodrigo Campos Bortoletto - IFSP²

Introdução

O tráfego de dados nas redes ópticas metropolitanas tem experimentado um crescimento exponencial, impulsionado por novas demandas de aplicações de alta performance, como as redes 5G, e pela crescente necessidade de suportar uma variedade de serviços, como comunicação em tempo real, streaming de alta qualidade e soluções de Internet das Coisas (IoT). Este aumento no volume de dados coloca uma pressão significativa sobre as infraestruturas de redes tradicionais, que enfrentam limitações em termos de capacidade e flexibilidade para lidar com essas exigências. A solução para este desafio está na convergência entre Redes Ópticas Elásticas (EONs) e a Multiplexação por Divisão Espacial (SDM). As EONs proporcionam uma maior flexibilidade na alocação dinâmica de espectro, permitindo que a largura de banda seja adaptada conforme as necessidades do tráfego. Por outro lado, a SDM aproveita a capacidade da fibra óptica de suportar múltiplos modos de propagação, permitindo a transmissão simultânea de diferentes sinais em uma mesma fibra. A combinação dessas duas tecnologias não só aumenta significativamente a capacidade de transmissão, mas também oferece a flexibilidade necessária para acomodar o tráfego crescente de dados nas redes metropolitanas.

Objetivo

O objetivo principal deste projeto é desenvolver modelos de simulação para Redes Ópticas Elásticas (EONs) e Multiplexação por Divisão Espacial (SDM), com foco na análise de desempenho em cenários de redes metropolitanas de topologia ponto-a-ponto. O projeto visa investigar a viabilidade de utilização de fibras de múltiplos núcleos e fibras dedicadas por rota para melhorar o desempenho e a eficiência das redes ópticas metropolitanas. Além disso, busca-se avaliar o impacto da modulação SDM na capacidade e complexidade do sistema, comparando o desempenho da rede SDM proposta com outras arquiteturas de redes ópticas, como redes WDM com comutação óptica. O projeto também tem como objetivo propor métodos para otimizar a alocação de espectro e recursos na rede, visando a redução de custos e o aumento

¹Estudante do curso de Bacharelado em Engenharia de Computação, IFSP – Guarulhos/SP. E-mail: gustavo.t.gallego@gmail.com

²Doutor, IFSP – Guarulhos/SP. E-mail do orientador: rcbortoletto@gmail.com.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

da capacidade de transmissão, melhorando, assim, a flexibilidade e escalabilidade das redes ópticas metropolitanas.

Metodologia

A metodologia adotada neste projeto inicia-se com a realização de uma revisão bibliográfica abrangente e detalhada, que se mostra fundamental para construir uma base sólida de conhecimento sobre as tecnologias envolvidas, em especial Redes Ópticas Elásticas (EONs) e Multiplexação por Divisão Espacial (SDM). Esta etapa também inclui uma análise criteriosa da literatura científica existente sobre fibras ópticas de múltiplos núcleos, configurações de topologias ponto-a-ponto e diferentes técnicas de modulação utilizadas em redes ópticas. A partir deste embasamento teórico, o projeto segue para uma abordagem quantitativa, dedicada ao desenvolvimento de modelos de simulação computacional, empregando a linguagem Python no ambiente Jupyter, que permite a criação e execução de scripts de maneira flexível e interativa, facilitando o teste de diferentes cenários e parâmetros. com foco na modelagem de redes ópticas para cenários metropolitanos. O desenvolvimento dos modelos será estruturado em etapas bem definidas: primeiramente, será realizada a modelagem da rede óptica, considerando uma configuração de conexões ponto-a-ponto e o uso de fibras dedicadas por rota, levando em conta parâmetros físicos relevantes, como a atenuação do sinal óptico e os efeitos da dispersão na transmissão de dados. Em seguida, será implementada a configuração dos sistemas baseados em SDM, que envolverá a definição do tipo de fibra a ser utilizado (se multimodo ou de poucos modos), a determinação do número de núcleos ou modos disponíveis, a escolha das taxas de modulação adequadas para os canais ópticos e a configuração da potência de lançamento por canal, elementos essenciais para a análise do impacto da multiplexação espacial na capacidade de transmissão e na complexidade geral do sistema. Adicionalmente, o projeto contempla a realização de uma comparação com redes ópticas tradicionais, mais especificamente com redes WDM (Wavelength Division Multiplexing), buscando avaliar as melhorias obtidas no desempenho da rede com a introdução das tecnologias estudadas. A metodologia também prevê a proposição de soluções para otimizar a alocação de espectro e recursos da rede, a fim de maximizar a eficiência e reduzir custos operacionais. Assim, espera-se criar modelos de simulação que permitam compreender em profundidade as vantagens, desafios e limitações da aplicação de EONs e SDM em redes ópticas metropolitanas.

Resultados

Os resultados esperados deste projeto envolvem a execução de simulações baseadas em scripts em desenvolvimento, que começam a estruturar os parâmetros necessários para a topologia da rede, como número de nós, enlaces e matriz de tráfego, permitindo futuramente simulações realistas para redes metropolitanas e a análise de diferentes cenários. As simulações buscarão comparar redes tradicionais, Redes Ópticas Elásticas (EONs) e Multiplexação por Divisão Espacial (SDM), avaliando métricas fundamentais como capacidade total, taxa de bloqueio, eficiência

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

espectral e custo operacional, possibilitando uma avaliação abrangente do impacto de cada tecnologia no desempenho da rede. Espera-se que a adoção de EONs resulte em um aumento significativo da capacidade total da rede e uma redução expressiva da taxa de bloqueio, em função da maior flexibilidade na alocação de espectro, enquanto a introdução da SDM deverá amplificar ainda mais a capacidade de transmissão ao explorar múltiplos modos espaciais, embora isso venha acompanhado de um acréscimo considerável no custo operacional e na complexidade do sistema. Até o momento, ainda não foram obtidos dados concretos ou resultados numéricos, e os scripts estão em estágio inicial de estruturação, sendo aprimorados para permitir futuramente a quantificação precisa dessas tendências, validar as hipóteses teóricas formuladas e fornecer uma base sólida para a comparação entre as diferentes arquiteturas de rede.

Conclusão

O desenvolvimento deste projeto busca contribuir para a evolução das redes ópticas metropolitanas ao explorar a convergência entre Redes Ópticas Elásticas (EONs) e Multiplexação por Divisão Espacial (SDM), tecnologias promissoras para atender às crescentes demandas de capacidade e flexibilidade das comunicações modernas. Embora ainda em fase inicial, com scripts de simulação sendo estruturados e parâmetros sendo ajustados, o trabalho já aponta para um caminho sólido de investigação, com potencial para validar hipóteses teóricas relevantes e propor soluções inovadoras para otimização de redes. A expectativa é que as simulações permitam analisar de forma detalhada o impacto dessas tecnologias sobre o desempenho e os custos das redes, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de arquiteturas metropolitanas mais eficientes e escaláveis. Além disso, o projeto contribuirá para o fortalecimento do entendimento sobre a aplicação da multiplexação espacial e das Redes Ópticas Elásticas em cenários de redes metropolitanas, apoiando avanços futuros no setor de telecomunicações.

Referências

ARPANAEI, F. et al. Analyzing ultra-low inter-core crosstalk fibers in band and space division multiplexing EONs. In: **2024 15th International Conference on Network of the Future (NoF)**. IEEE, 2024. p. 164-168; **CHATTERJEE, B. C.; SARMA, N.; OKI, E.** Routing and spectrum allocation in elastic optical networks: A tutorial. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 17, n. 3, p. 1776-1800, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2431731>; **RODRIGUES, E.; ROSÁRIO, D.; CERQUEIRA, E.; OLIVEIRA, H.** Analysis of routing and resource allocation mechanism for space-division multiplexing elastic optical networks. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, v. 20, n. 1, p. 762-773, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.3228574>; **ZHU, Z.; LU, W.; ZHANG, L.; ANSARI, N.** Dynamic service provisioning in elastic optical networks with hybrid single-/multi-path routing. *Journal of Lightwave Technology*, v. 31, n. 1, p. 15-22, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1109/JLT.2012.2227683>.