

**Universidade de Pernambuco**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação**  
**(PPGEC)**

**Proposta de Dissertação de Mestrado**

Área: Inteligência Computacional

Título: Otimização Multiobjetivo para Redes Ópticas Elásticas Com Serviços Com Qualidade de Proteção Heterogêneas.

Orientador: Daniel Augusto Ribeiro Chaves (darc@ecom.poli.br)

As redes ópticas, fundamentais para a infraestrutura de telecomunicações moderna, enfrentam desafios crescentes em relação à resiliência e eficiência econômica (GIORDANI et al., 2020; RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011). A proteção contra falhas é essencial para garantir continuidade de serviço em cenários de interrupções, como cortes de fibra ou falhas de dispositivos (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; DINARTE et al., 2023). Ela oferece benefícios como alta disponibilidade e tempos de recuperação reduzidos, sendo indispensável em sistemas críticos. Entretanto, estratégias tradicionais de proteção apresentam desvantagens, como o uso intensivo de recursos redundantes para prover proteção, o que reduz a capacidade total da rede de escoar tráfego dispositivos (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; DINARTE et al., 2023).

Em redes reais, a heterogeneidade das demandas dos usuários amplifica a complexidade do problema de resiliência (HAI, 2020). Diferentes serviços podem exigir variados níveis de resiliência, ou Qualidade de Proteção (QoP), definidos como o grau de proteção necessário para cada serviço (LOPES et al., 2021). Exemplos incluem proteção contra falhas simples ou duplas, proteção com banda espremida, banda compartilhada ou dedicada. Para atender a essas necessidades, estratégias como proteção dedicada, compartilhada, com espremeimento de banda e baseada em múltiplos caminhos são empregadas (UJJWAL et al., 2021; LIU et al., 2023; CAVALCANTI et al., 2024). Contudo, o atendimento simultâneo a múltiplas demandas com diferentes níveis de QoP é um tema ainda pouco explorado na literatura.

Esse cenário apresenta desafios intrínsecos de alocação de recursos e eficiência operacional. Quando a proporção de serviços com alta QoP aumenta, a rede consome mais recursos redundantes, reduzindo sua vazão total. Por outro lado, priorizar serviços com baixa QoP aumenta a eficiência, mas compromete a resiliência (CAVALCANTI et al., 2024; RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011). A solução para esse dilema exige ferramentas avançadas de análise, como algoritmos de otimização multiobjetivo.

Os algoritmos de otimização multiobjetivo são projetados para resolver problemas com objetivos conflitantes, como maximizar a resiliência enquanto aumenta a eficiência da rede em escoar tráfego (DINARTE et al., 2023). Ao invés de buscar uma única solução ótima, esses algoritmos geram um conjunto de soluções chamadas fronteira de Pareto, onde cada solução representa um equilíbrio entre os objetivos. No contexto de redes ópticas, tais algoritmos permitem avaliar diferentes cenários de alocação de recursos, ajudando a identificar as configurações mais eficientes e economicamente viáveis para operadoras.

A presente dissertação propõe o desenvolvimento de um estudo detalhado que utiliza algoritmos de otimização multiobjetivo para analisar cenários onde múltiplos serviços com diferentes níveis de QoP coexistem. O objetivo é identificar quais configurações maximizam o desempenho econômico da rede sem comprometer a resiliência necessária para serviços críticos. Além disso, a pesquisa busca determinar o impacto de diferentes proporções de serviços com alta e baixa QoP na utilização de recursos e na vazão total da rede.

A questão central que se busca responder é: como montar um portfólio de serviços mais economicamente viável, considerando a coexistência de diferentes QoP em uma rede óptica? A resposta a essa pergunta pode gerar contribuições significativas tanto para a literatura científica quanto para a prática operacional, fornecendo diretrizes para o planejamento de redes ópticas mais resilientes e eficientes.

**Referencias:**

CAVALCANTI, M. M. L.; TEIXEIRA, G. W.; DINARTE, H. A.; ALMEIDA, R. C., Jr.; BOUTABA, R.; CHAVES, D. A. R. Enhancing the Efficiency of Resilient Multipath-Routed Elastic Optical Networks: A Novel Approach for Coexisting Protected and Unprotected Services with Idle Slot Reuse. *Sensors*, v. 24, n. 12, p. 3965, 2024. DOI: 10.3390/s24123965.

DINARTE, H. A.; ALMEIDA, R. C.; ASSIS, K. D. R.; CHAVES, D. A. R. Multi-objective Optimization of Asymmetric Bit Rate Partitioning for Multipath Protection in Elastic Optical Networks. *TechRxiv*, 2023.

GIORDANI, M.; et al. Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies. *IEEE Communications Magazine*, v. 58, n. 3, p. 55-61, 2020. DOI: 10.1109/MCOM.001.1900411.

HAI, D. T. On the spectrum-efficiency of QoS-aware protection in elastic optical networks. *Optik*, v. 202, p. 163563, 2020. DOI: 10.1016/j.ijleo.2019.163563.

LIU, H.; TANG, C.; CHEN, Y.; et al. A survivable multipath resource allocation strategy based on fragmentation-sensitive fragmentation-aware in space division multiplexing elastic optical networks. *Computer Communications*, v. 204, p. 78–88, 2023. DOI: 10.1016/j.comcom.2023.05.009.

LOPES, R. S.; OLIVEIRA, H. M. N. D. S.; DA FONSECA, N. L. S. Differentiated Resource Allocation in Resilient SDM-EON. In: *Proceedings of the 2021 IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)*, Santo Domingo, Dominican Republic, 17–19 November 2021.

RAMASWAMI, R.; SIVARAJAN, K. N. *Optical Networks: A Practical Perspective*. 3rd ed. Morgan Kaufmann, 2011.

UJJWAL; THANGARAJ, J.; KUMAR, R. Multi-path provisioning in elastic optical network with dynamic on-request optimal defragmentation strategy. *Optical Switching and Networking*, v. 41, p. 100607, 2021. DOI: 10.1016/j.osn.2021.100607.