

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

**Proposta de Dissertação de Mestrado**

|             |  |
|-------------|--|
| Área:       | Inteligência Computacional   |
| Título      | Algoritmo baseado em inteligência de enxames para prover resiliência em redes ópticas com roteamento multicaminho e sob tráfego e com diferentes classes de serviços |
| Orientador: | Daniel Augusto Ribeiro Chaves (darc@ecom.poli.br)  |

**Resumo:**

Com a implantação das redes de quinta e sexta geração sem fio (5G e 6G), juntamente aos serviços digitais demandantes de altas taxas de transmissão, como streaming de vídeos em alta resolução, há uma perspectiva de popularização de outros serviços digitais, como telemedicina, Internet das Coisas, direção autônoma de veículos e transmissões de hologramas (GIORDANI et al., 2020). Esses serviços podem impor restrições específicas para latência, taxa de erro de bit e taxas de transmissão (GIORDANI et al., 2020). O acesso generalizado a esses serviços tem se popularizado devido à facilidade proporcionada pelas redes sem fio (Wi-Fi ou celular) e pelos dispositivos móveis (GIORDANI et al., 2020).

Entretanto, o transporte dos dados relacionados a esses serviços por longas distâncias (entre cidades, países ou continentes) tem sido realizado por fibras ópticas, visto que essa é a tecnologia disponível que melhor atende aos diversos requisitos mencionados (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; TELEGEOGRAPHY, 2021).

As principais cidades do mundo estão interligadas por cabos de fibras ópticas, seja por vias terrestres (interligando cidades e países) ou submarinas-transoceânicas (interligando continentes) (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; TELEGEOGRAPHY, 2021). Esses cabos formam uma estrutura heterogênea, normalmente denominada rede óptica com topologia em malha (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011).

As redes ópticas são responsáveis por transportar o tráfego agregado de milhares ou milhões de usuários (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; MOHAN; MURTHY, 2000). Contudo, como qualquer sistema, a rede óptica está sujeita a diversas falhas, desde rompimentos de fibras devido a escavações indevidas até falhas de dispositivos (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; MOHAN; MURTHY, 2000). Tais falhas podem resultar na perda de comunicação para uma quantidade significativa de usuários. Portanto, é necessário prover algum mecanismo de resiliência para essas redes (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; MOHAN; MURTHY, 2000).

Um dos mecanismos comumente utilizados para proteger a rede de falhas é o mecanismo de proteção, onde são alocados recursos redundantes para cada conexão estabelecida na rede (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; RUAN; XIAO, 2013). Essa abordagem demanda uma reserva de recursos considerável para possíveis falhas, resultando em uma quantidade significativa de recursos ociosos na rede (RAMASWAMI; SIVARAJAN, 2011; RUAN; XIAO, 2013).

Em relação à garantia de resiliência, as operadoras de rede podem oferecer serviços diferenciados para seus clientes, como serviços protegidos contra diferentes números de falhas na rede (XAVIER et al., 2021). Esses serviços, conhecidos como classes de serviços, podem ser adaptados às exigências e possibilidades de pagamento de cada cliente (XAVIER et al., 2021). Essa diferenciação de serviços permite a otimização dos recursos de rede e aumento da receita, possibilitando a alocação de usuários de classes inferiores nas bandas ociosas destinadas às conexões reservas de usuários de classes superiores (XAVIER et al., 2021).

Com o surgimento das redes ópticas elásticas e o uso de transmissores Sliceable Bandwidth-Variable Transponder (SBVT), há uma oportunidade adicional para otimizar o uso dos recursos ociosos da rede. Isso é possível através do particionamento do sinal de um cliente em fluxos independentes e sua transmissão por rotas diferentes na rede, estratégia conhecida como estabelecimento de rotas usando multicaminhos. Essa abordagem permite uma maior resiliência na rede, pois na ocorrência de uma falha em uma das rotas, apenas uma parte do sinal é perdida e não o sinal inteiro, proporcionando uma redução na taxa de transmissão, mas mantendo o serviço ativo para o cliente (CHATTERJEE et al., 2015; ASSIS et al., 2023).

Este projeto de dissertação busca otimizar o uso dos recursos das redes ópticas, que contam com algum mecanismo de resiliência, ao utilizar de maneira inteligente os recursos ociosos destinados à provisão de resiliência. Além disso, investigará as classes de serviços oferecidas pelas operadoras de rede para reduzir a quantidade de recursos ociosos. Para alcançar esses objetivos, propõe-se a aplicação de inteligência artificial, por meio de algoritmos baseados em exame de partículas, para permitir que clientes da classe de serviço Bronze

possam eficientemente reutilizar as bandas ociosas destinadas aos clientes das classes Ouro e Prata (CAVALCANTE et al., 2018; LIRA et al., 2023).

**Referências:**

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

RAMASWAMI, R.; SIVARAJAN, K. N. *Redes Ópticas: uma Perspectiva Prática*. 3. ed. Morgan Kaufmann, 2011.

TELEGEOGRAPHY. Submarine Cable Map. Disponível em: <<https://www.submarinecablemap.com>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

MOHAN, G.; MURTHY, C. S. R. Restauração de Lightpath em Redes Ópticas WDM. *IEEE Network*, v. 14, n. 6, p. 24-32, nov./dez. 2000. DOI: 10.1109/65.885667.

RUAN, L.; XIAO, N. Roteamento e Alocação de Espectro Multipath Sobrevivente em Redes Ópticas Flexíveis Baseadas em OFDM. *Journal of Optical Communications and Networking*, v. 5, n. 3, p. 172-182, mar. 2013. DOI: 10.1364/JOCN.5.000172.

XAVIER, A. V. S. et al. Algoritmo de Planejamento Heurístico para Compartilhamento de Interfaces de Restauração em Redes OTN sobre Redes DWDM. *Optical Fiber Technology*, v. 61, 2021.

CHATTERJEE, B. C.; SARMA, N.; OKI, E. Roteamento e Alocação de Espectro em Redes Ópticas Elásticas: um Tutorial. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 17, n. 3, p. 1776-1800, terceiro trimestre de 2015. DOI: 10.1109/COMST.2015.2431731.

ASSIS, K. D. R. et al. Proteção por Diversidade em Redes Ópticas Elásticas Sujeitas a Falhas de Link Único. *Optical Fiber Technology*, v. 75, 2023.

LIRA, C. J. N. et al. Alocação de Espectro usando Otimização Multiparâmetro em Redes Ópticas Elásticas. *Computer Networks*, v. 220, 2023.

CAVALCANTE, M. A. et al. Otimização da Função de Custo do Algoritmo de Roteamento de Série de Potência para Redes Ópticas Elásticas Transparentes. *Optical Switching and Networking*, v. 29, 2018.