



Universidade de Pernambuco (UPE)  
Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)  
Instituto de Ciências Biológicas (ICB)

## Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas

### *Proposta de Dissertação de Mestrado*

Área: Engenharia Elétrica (Painel IV-CAPES)  
Linha de Pesquisa: Telemática (redes ópticas)  
Título Provisório: Otimização de colocação de *transponders* em redes ópticas de *backbone* utilizando inteligência artificial.  
Orientador: Daniel Augusto Ribeiro Chaves (darc@ecomp.poli.br)

Nos últimos anos vem se observando a criação novos serviços de comunicações como: vídeo sob demanda, vídeo conferência, redes sociais [1]. Além disso, com a chegada das redes sem fios de quinta e sexta geração (5G e 6G) há perspectivas de popularização de outros serviços digitais como telemedicina, Internet da coisas, direção autônoma de veículos, tele-presença e metaverso [1]. Esses serviços demandam elevadas taxas de transmissão e podem ter restrições muitos específicas para latência e taxa de erro de bit [1]. Enquanto o acesso a esses serviços pela população em geral tem convergido para um acesso via redes sem fio (WiFi ou celular), o transporte dos dados referentes à esses serviços entre longas distancias (entre cidades/países/continentes) têm sido feitos por fibras ópticas [1]. Nos dias atuais, a tecnologia de larga escala que melhor atende aos diversos requisitos mencionados e é capaz de transmitir essas informações por longas distancias são os sistemas de comunicações óticas interligados em rede (redes ópticas) [1,2].

As principais cidades do mundo hoje são interligadas por cabos de fibras ópticas tanto via terrestre (interligando cidades e países) quanto via submarina-transoceânica (interligando continentes) [2,3]. Esses cabos se interligam formando uma estrutura heterógena normalmente denominada rede óptica com topologia em malha. Nessas redes ópticas, cada fibra óptica instalada pode transmitir aproximadamente uma centena de sinais provenientes de usuários distintos [2]. Cada usuário, para transmitir seus dados, faz uso de dois dispositivos transmissores e receptores instalados em duas pontas distintas na rede (no caso de uma comunicação bidirecional) [2,4]. Esses últimos dispositivos são denominado *transponders* [2,4]. Se uma única fibra óptica pode transportar uma centena de usuários distintos e uma rede de fibras ópticas pode conter facilmente centenas de fibras ópticas interligando diferentes cidades, nota-se que o número de *transponders* que devem ser instalados em uma rede óptica pode ser bastante elevado [2,4]. A maior parte do custo financeiro de implantação de uma rede óptica provem dos *transponders* [4].

Os *transponders* podem ser usados não só para transmitir e receber os sinais de usuários entre pontos distintos A e B, mas também podem ser usados como regeneradores de sinal em algum ponto intermediário C, localizado no trecho entre A e B [5,6,7]. A regeneração pode ser necessária porque a fibra óptica impõe uma série de degradações aos sinais que estão sendo transmitidos. Ao se escolher, em um *transponder*, um formato de modulação e uma certa taxa de transmissão, há uma distância máxima que o sinal óptico pode ser transmitido e ser recebido com uma taxa de erros de *bit* aceitável [8]. Em uma rede de tráfego dinâmico os *transponders* instalados na rede podem ser usados tanto para transmitir/receber sinais como também para regenerar sinais [5,6,7]. A regeneração pode ser usada não só para recuperar sinais que estão sendo transmitidos por distâncias muito longas mas também para possibilitar o uso de formatos de modulação mais eficientes que permitem a uma taxa de transmissão maior em uma mesma largura de banda [5,6,7].



Fica claro que a decisão de quantos *transponders* devem ser instalados em cada ponto da rede produz impacto significativo no custo da rede e em seu desempenho. Tomar essa decisão de forma ótima é conhecido na literatura por ser um problema de elevada complexidade computacional (pois pertence à classe denominada NP-completo) [6,7]. Normalmente a solução para desse problema faz uso de heurísticas ou algoritmos bio-inspirados propostos em inteligência computacional [4,6].

Esse projeto de dissertação tem por objetivo resolver o problema de colocação de *transponders* em uma rede óptica sob tráfego dinâmico de forma otimizada com o objetivo de redução de custos e maximização do desempenho da rede em termos de quantidade total de informações transmitida. Para realização dessa colocação é proposto o desenvolvimento/aplicação de heurísticas e técnicas de inteligência artificial bio-inspiradas.

## REFERÊNCIAS

- [1] M. Giordani, M. Polese, M. Mezzavilla, S. Rangan and M. Zorzi, "Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies," in IEEE Communications Magazine, vol. 58, no. 3, pp. 55-61, March 2020, doi: 10.1109/MCOM.001.1900411.
- [2] R. Ramaswami, K. N. Sivarajan, Optical Networks: A Practical Perspective, 3a ed. Morgan Kaufmann, 2011.
- [3] TeleGeography, "Submarine Cable Map", disponível em <https://www.submarinecablemap.com>, último acesso 10/12/2021.
- [4] D. A. R. Chaves, Projeto de redes ópticas de alta capacidade utilizando técnicas de otimização bioinspiradas, Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2012.
- [5] Walkowiak, K.; Klinkowski, M.; Włodarczyk, A.; Kasprzak, A. Predeployment of Transponders for Dynamic Lightpath Provisioning in Translucent Spectrally–Spatially Flexible Optical Networks. Appl. Sci. 2020, 10, 2802. <https://doi.org/10.3390/app10082802>
- [6] M. A. Cavalcante, H. A. Pereira, D. A. R. Chaves and R. C. Almeida, "Evolutionary Multiobjective Strategy for Regenerator Placement in Elastic Optical Networks," in IEEE Transactions on Communications, vol. 66, no. 8, pp. 3583-3596, Aug. 2018, doi: 10.1109/TCOMM.2018.2817236.
- [7] da Silva, E.F., Almeida, R.C., Pereira, H.A. et al. Assessment of novel regenerator assignment strategies in dynamic translucent elastic optical networks. Photon Netw Commun 39, 54–69 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11107-019-00873-9>
- [8] S. Paira, J. Halder, U. Bhattacharya and M. Chatterjee, "A novel fragmentation-aware and energy-efficient multipath routing and spectrum allocation for prioritized traffic in protected EONs," 2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCCNT49239.2020.9225457.