



Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Centro de Informática  
Graduação em Engenharia da Computação

**Análise Comparativa e Simulação de Algoritmos de  
Roteamento e Atribuição de Espectro nas Redes  
Ópticas Elásticas**

**Aluna:** Karen Paula Pinto (kpp@cin.ufpe.br)

**Orientador:** Raul Camelo de Andrade Almeida Júnior  
*Professor Adjunto 4 do Departamento de Eletrônica e Sistemas da UFPE*  
(ralmeida.ufpe@gmail.com)

**Área:** Sistemas de Comunicação e Redes Ópticas

14 de Junho de 2021.

# 1. Resumo

As Redes ópticas elásticas dispõem de uma grande capacidade de acompanhar o aumento e a diversidade dos tráfegos de dados da atualidade, na medida em que fornecem uma largura de banda flexível aos caminhos ópticos, viabilizando, assim, uma melhor eficiência na utilização do espectro óptico. Contudo, há um recorrente problema denominado *Roteamento de Atribuição de Espectro (RSA)* que visa a escolha de uma rota e a alocação de uma faixa de espectro do começo ao fim da rota. Neste contexto, têm sido propostos diversos algoritmos de *RSA* com o intuito de melhorar a atribuição dos recursos na rede. Assim, o presente projeto visa apresentar um levantamento e análise dos algoritmos de *RSA* convencionais e atuais, de forma que simulações computacionais serão desenvolvidas a fim de quantificar métricas essenciais de análise.

**Palavras-chaves:** Redes Ópticas Elásticas, RSA, Divisão espectral

## 2. Introdução

Atualmente, devido ao aumento dos serviços de multimídia, do desenvolvimento da internet móvel, da computação em nuvem e da internet das coisas, está se desenrolando uma mudança no comportamento dos tráfegos de dados, de forma que, cada vez mais, surgem diferentes tipos de tráfegos com características próprias e cresce a necessidade pelo desenvolvimento de mais banda de dados. Assim, para atender essa demanda, são utilizadas as chamadas Redes ópticas com Roteamento de Comprimento de Onda (*WRN*) que empregam a tecnologia *WDM-Wavelength Division Multiplexing*, que se caracteriza pela fragmentação espectral rígida dos recursos. Deste modo, o rápido crescimento dos diferentes tipos de tráfegos de dados e da sua demanda está rapidamente saturando as redes já instaladas, tornando-se um desafio para a tecnologia de transmissão óptica convencional [1], [2]. Neste cenário de tráfego muito heterogêneo, o *WDM* fornece uma ineficiente utilização do espectro óptico devido à diferença da demanda de tráfego com necessidades diferentes e a largura de banda rígida dos sistemas [3].

Com a finalidade de superar esse desafio, surgiram as Redes Ópticas Elásticas (*EON - Elastic Optical Networks*) [2]. Este novo tipo de rede se baseia na tecnologia chamada *O-OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing)* e concede a ideia central de possuir um gerenciamento e elementos de rede capazes de fornecer uma largura de banda flexível aos caminhos ópticos, ou seja, pode ser obtido qualquer tamanho de banda além de poderem expandir-se e contrair-se livremente de acordo com o volume de tráfego e as requisições dos usuários, não mais utilizando uma grade fixa. Esta característica é particularmente alcançada pois o espectro nas redes EON é dividido em porções de frequência com largura de banda reduzida comparada com as redes WDM e deste modo, de acordo com a necessidade de uma determinada requisição, são reservadas porções contínuas no espectro [1]. Essa solução se tornou possível graças ao surgimento de elementos essenciais como os roteadores ópticos, filtros com largura de banda variável e seletiva; e transmissores e receptores capazes de aumentar e diminuir a taxa de transmissão de dados.

É importante ressaltar que o provisionamento de recursos nas *EON* é realizado por um processo chamado de Roteamento e Atribuição de Espectro (*RSA - Routing and Spectrum Assigment*), o qual consiste em escolher uma rota adequada e uma faixa de frequência do começo ao fim da rota escolhida, que torne a conexão entre os pares de nós nas redes mais eficiente [4]. Além disso, se tipos diferentes de modulação forem adotados nas rotas com diferentes bandas, o *RSA* se torna o problema de Roteamento, Modulação e Alocação

de espectro (*RMSA*)[1]. Por ser um problema complexo, o *RSA* é dividido em dois subproblemas: o de roteamento, que é a definição da rota, e o da alocação do espectro, que é a busca por um conjunto de porções do espectro próximos que estejam livres nesta rota [1]. Em razão de ser um dos problemas mais complexos das *EON*, recentemente, têm sido propostos diversos algoritmos de *RSA* com o intuito de otimizar o transporte de informações condicionado aos requisitos da camada física bem como de desenvolver uma melhor eficiência na atribuição dos recursos na rede. De forma que cada algoritmo de *RSA* possui métricas e abordagens diferentes.

Diante do cenário apresentado, a proposta do presente trabalho é investigar os principais algoritmos de *RSA* que influenciam no provisionamento dos recursos nas redes *EON* e analisar as suas principais características. Visto que são de extrema importância para a concepção de novas arquiteturas das redes ópticas elásticas, que tenham o propósito de prover uma melhor atribuição dos recursos da rede e uma melhor acomodação das variações dos tráfegos do cliente.

### 3. Objetivos

As redes ópticas elásticas dispõem de uma grande capacidade de acompanhar as novas mudanças do tráfego de dados e, conseqüentemente, são uma boa área para o desenvolvimento de investigação científica. Desse modo, o **objetivo geral** desse trabalho é realizar um levantamento e análise das métricas essenciais dos principais, e atuais, algoritmos de *RSA*. De forma que será elaborada uma monografia que levará em consideração as principais ideias relacionados a esses algoritmos, bem como as suas limitações. Assim, através do presente trabalho, serão disponibilizadas informações e análises úteis que darão suporte a pesquisas futuras nesta área do conhecimento, fomentando, assim, novas criações e desenvolvimento tecnológico.

São objetivos **específicos** deste projeto:

- Produzir uma ampla revisão de literatura sobre Redes Ópticas elásticas;
- Fazer uma análise investigativa das características fundamentais dos principais e atuais algoritmos de *RSA*;
- Simular cada algoritmo de *RSA* para quantificar as suas métricas centrais;
- Escrever a monografia para defesa oral deste trabalho.

## 4. Metodologia

O projeto está dividido nas atividades abaixo, a serem desenvolvidas pela aluna, e serão descritas a seguir. Além disso, é importante salientar o fato de que toda a elaboração do presente trabalho será acompanhada pelo professor orientador, contando com reuniões semanais nas quais serão efetuadas as entregas parciais do trabalho e discussões sobre os resultados e possíveis alterações de cronograma.

- Realização de uma revisão bibliográfica da arquitetura das Redes ópticas elásticas, além de identificar principais características e problemas a serem investigados.
- Realização de uma análise detalhada dos algoritmos de *RSA* a serem apurados.
- Implementação, simulação e coleta de resultados dos algoritmos de *RSA* escolhidos.
- Levantamento e conclusão dos resultados obtidos.
- Elaboração do relatório final, com a descrição detalhada da análise realizada e dos cenários avaliados, efetuando a demonstração dos principais resultados obtidos.

## 5. Cronograma

Atividade	Abril	Mai	Junho	Julho
Implementação, simulação e coleta de resultados dos algoritmos de RSA escolhidos	X			
Levantamento e conclusão dos resultados obtidos		X	X	
Elaboração do relatório final			X	
Preparação da Defesa				X

**OBS:** Este trabalho foi inicializado semestre passado, por este motivo datas passadas constam no cronograma.

## Referências

- [1] J. Yuan, D. Zhang, Q. Zhang, X. Li e Z. Ren, “A routing and spectrum assignment algorithm in elastic optical network based on minimizing contiguity reduction”, *Springer Photonic Network Communications*, pp. 51–61, 2019.
- [2] M. Xia, R. Proietti, S. Dahfort e S.J.B. Yoo, “Split spectrum: a multi-channel approach to elastic optical networking”, *OSA Optics Express*, vol. 20, n° 28, pp. 29 143–29 148, 2012.
- [3] B. K. H. Takara, T. Yoshimatsu, K. Yonenaga e M. Jinno, “Filtering Characteristics of Highly-Spectrum Efficient. Spectrum-Sliced Elastic Optical Path (SLICE) Network”, *OFC Optical Fiber Conference*, 2009.
- [4] M. Klinkowski e K. Waldowiak, “Routing and Spectrum Assignment in Spectrum Sliced Elastic Optical Path Network”, *IEEE Communications Letters*, 2011.



## 6. Possíveis Avaliadores

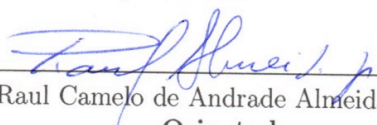
São possíveis avaliadores do trabalho os professores:

- Divanilson Rodrigo de Sousa Campelo (dcampelo@cin.ufpe.br)
- Renato Mariz de Moraes (renatomdm@cin.ufpe.br)
- Odilon Maroja da Costa Pereira Filho (odilon@cin.ufpe.br)
- Daniel Carvalho de Cunha (dcunha@cin.ufpe.br)

---

## 7. Assinaturas

De acordo com a orientação do Trabalho de Graduação.

  
\_\_\_\_\_  
Raul Camelo de Andrade Almeida Júnior  
**Orientador**

De acordo com a execução do Trabalho de Graduação.

  
\_\_\_\_\_  
Karen Paula Pinto  
**Orientanda**