

Um Novo Algoritmo de Balanceamento Espectral Entre Grupos de Núcleos para Redes Ópticas Elásticas com Multiplexação por Divisão Espacial

...

Paulo E. R. Araujo, Jurandir C. Lacerda Jr, André C. B. Soares



Universidade Federal do Piauí - UFPI

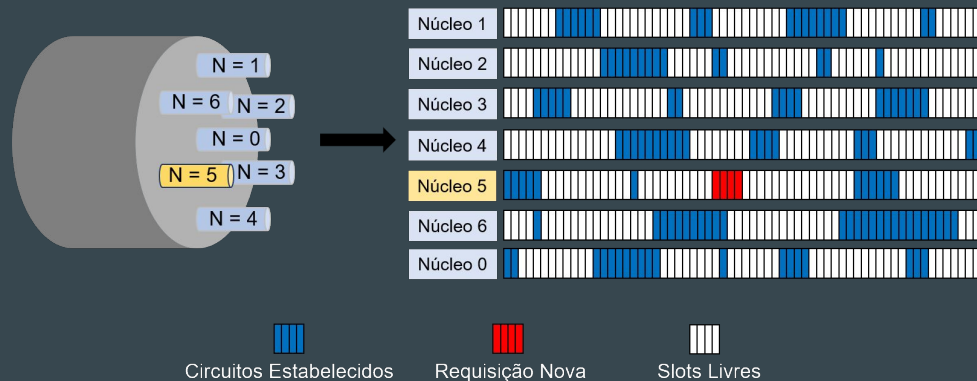


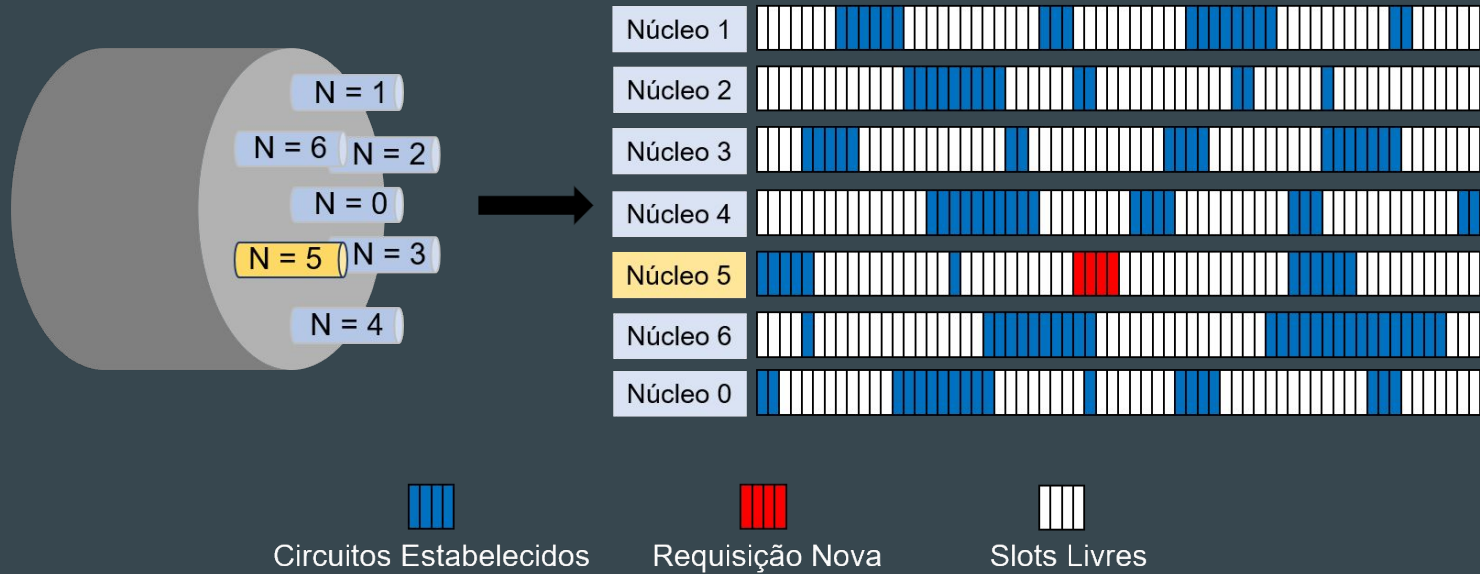
Introdução

- Redes Ópticas Elásticas Com Multiplexação por Divisão Espacial
- Crosstalk - XT
- Roteamento, Formato de Modulação e Alocação de Núcleo e Espectro - RMCSA
 - Alocação de Núcleo e Espectro - CSA
- Tabela de Pontuação e Regionalização Prioritária do Espectro

Redes Ópticas Elásticas Com Multiplexação por Divisão Espacial

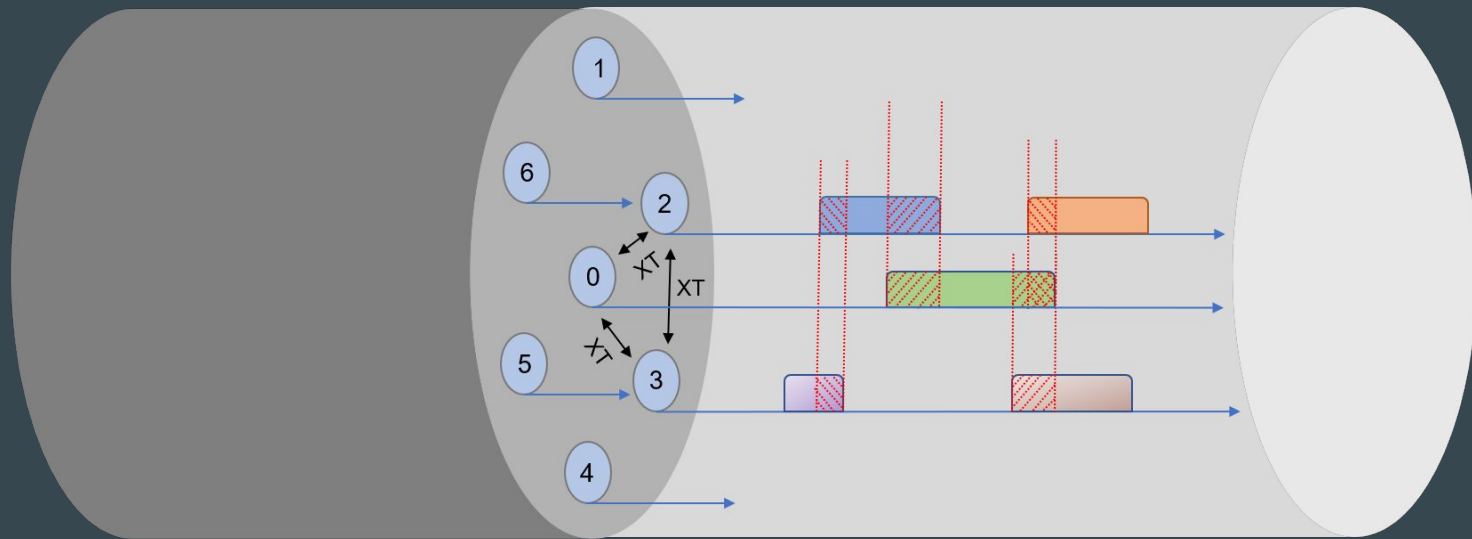
- Multi-Core Fiber - MCF
- Solução CSA
 - Escolha de Núcleo e Espectro
- Restrições
 - Contiguidade Espectral
 - Continuidade Espectral
- Políticas de Alocação de Espectro





Efeitos de Degradação de Sinal da Camada Física

- Efeitos de Camada Física
- Quality of Transmission - QoT
 - Optical Signal to Noise Ratio - OSNR
- Crosstalk - XT



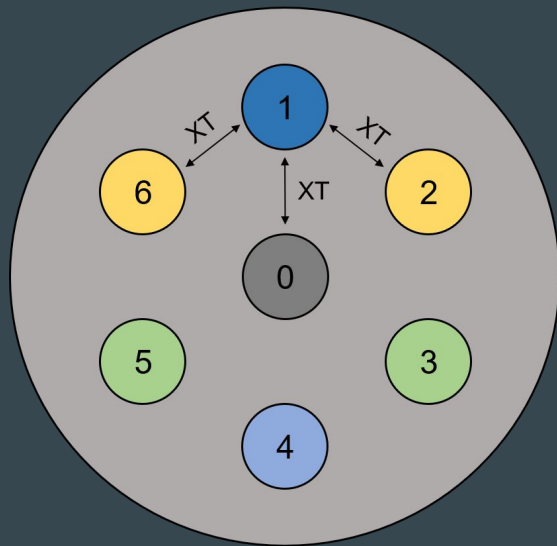



Circuitos Establecidos Zona de Crosstalk

Algoritmo de Distanciamento Espectral Inter-Núcleos - ADEIN

- Objetivo: Evitar a ocorrência de Crosstalk
- Núcleo
 - Cadenciar o uso dos núcleos de borda e central
- Espectro
 - Regionalizar o espectro e especificar políticas de alocação para determinados grupos de núcleo

Núcleo - Tabela de Pontuação



Central



Escolhido



Adjacente



Adjacente
ao Oposto

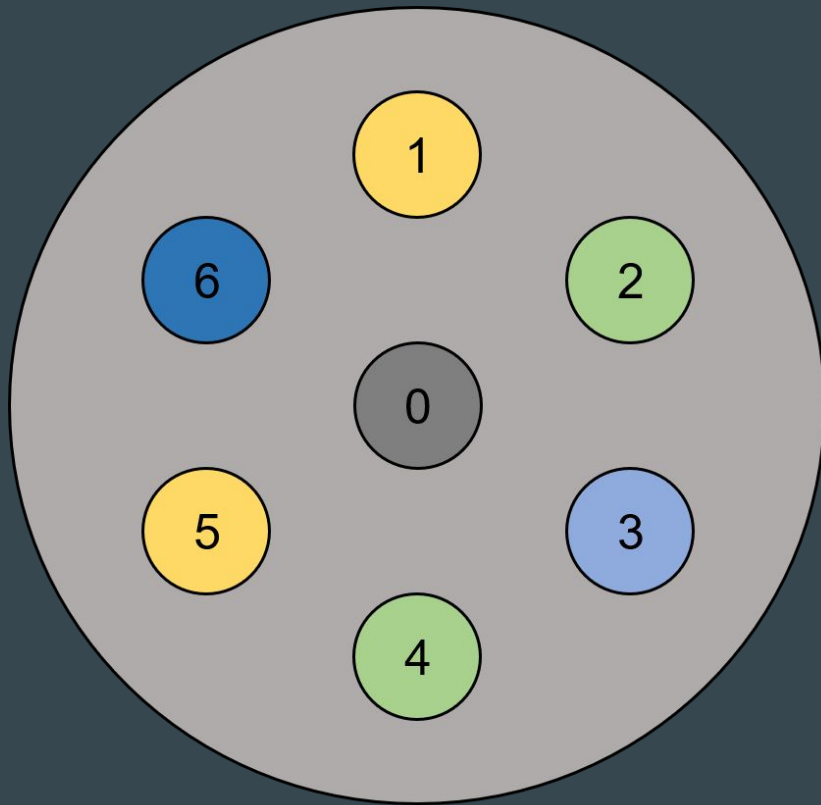


Oposto

PONTUAÇÃO INICIAL	
NÚCLEO	PONTUAÇÃO
Central	15
Borda	10

PONTUAÇÃO APLICADA	
NÚCLEO DE BORDA ESCOLHIDO	
Escolhido	+ 1
Adjacente	- 1
Oposto	- 2
Adjacentes ao oposto	- 3
Central	- 1
NÚCLEO CENTRAL ESCOLHIDO	
Central	= 15
Borda	- 1

- Distanciar fisicamente o núcleo anteriormente utilizado do núcleo atualmente selecionado.
- Cadenciar o uso do núcleo central em relação aos núcleos de borda.



COUNT: 1

Núcleos [6]

PONTUAÇÃO	
0	14 p
1	9 p
2	7 p
3	8 p
4	7 p
5	9 p
6	11 p



Central



Escolhido



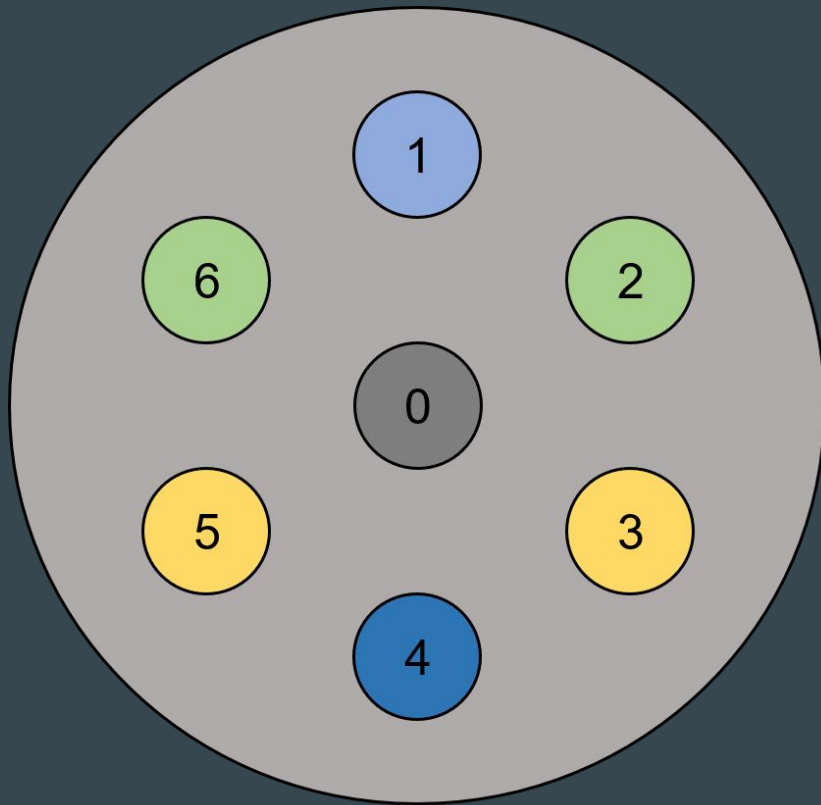
Adjacente



Adjacente ao oposto



Oposto



COUNT: 2

Núcleos [6, 4]

PONTUAÇÃO	
0	14 p
1	9 p
2	7 p
3	8 p
4	7 p
5	9 p
6	11 p

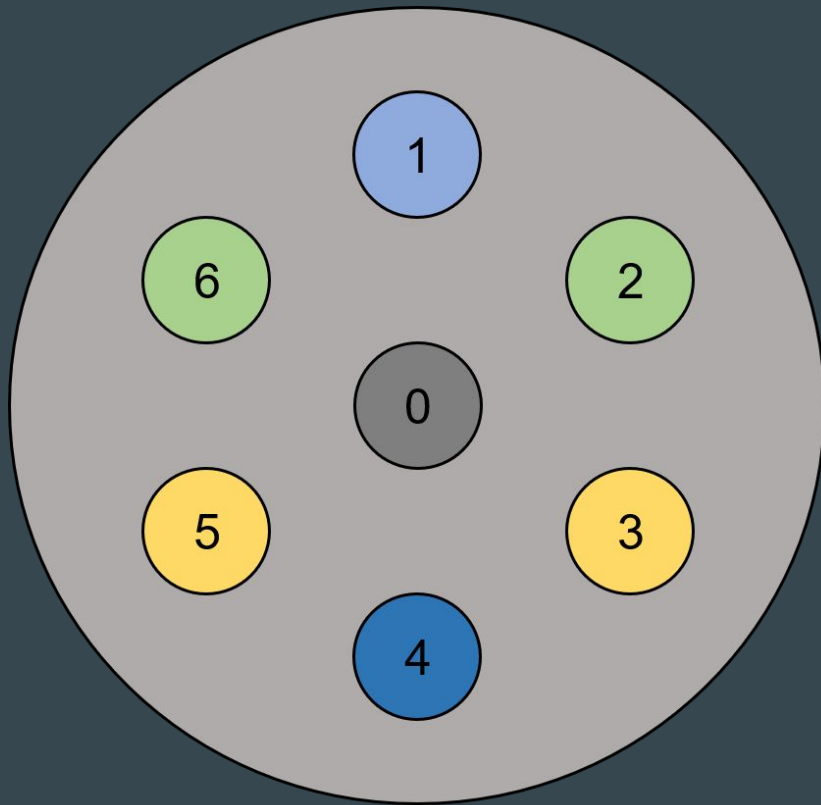
 Central

 Escolhido

 Adjacente

 Adjacente ao oposto

 Oposto



COUNT: 2

Núcleos [6, 4]

PONTUAÇÃO	
0	13 p
1	7 p
2	4 p
3	7 p
4	8 p
5	8 p
6	8 p



Central



Escolhido



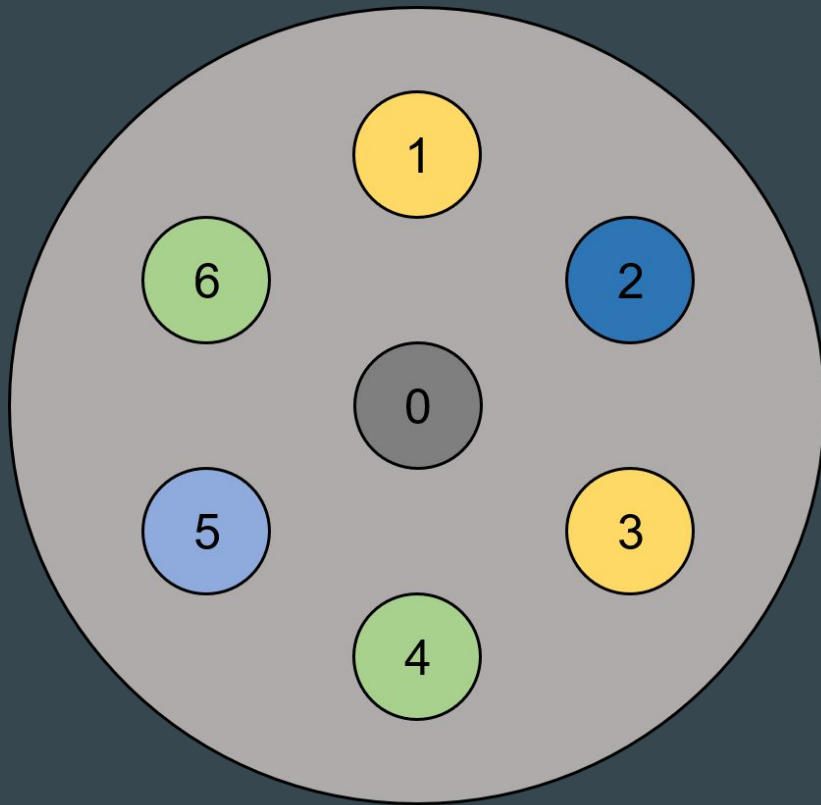
Adjacente



Adjacente ao oposto



Oposto



COUNT: 3

Núcleos [6, 4, 2]

PONTUAÇÃO	
0	13 p
1	7 p
2	4 p
3	7 p
4	8 p
5	8 p
6	8 p



Central



Escolhido



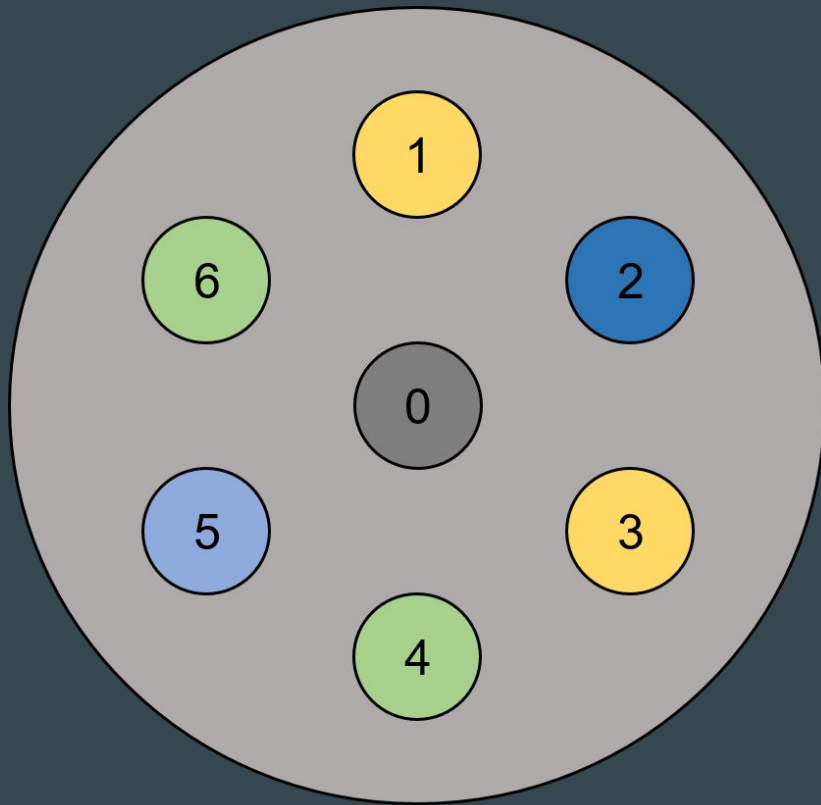
Adjacente



Adjacente ao oposto



Oposto



COUNT: 3

Núcleos [6, 4, 2]

PONTUAÇÃO	
0	12 p
1	6 p
2	5 p
3	6 p
4	5 p
5	6 p
6	5 p



Central



Escolhido



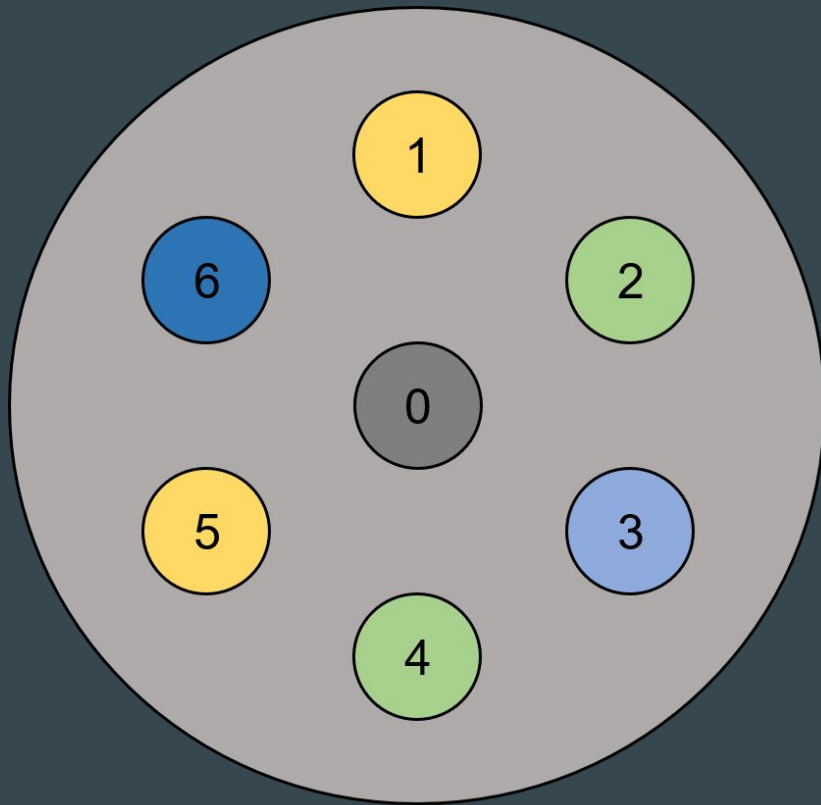
Adjacente



Adjacente ao oposto



Oposto



COUNT: 4

Núcleos [6, 4, 2, 6]

PONTUAÇÃO	
0	12 p
1	6 p
2	5 p
3	6 p
4	5 p
5	6 p
6	5 p



Central



Escolhido



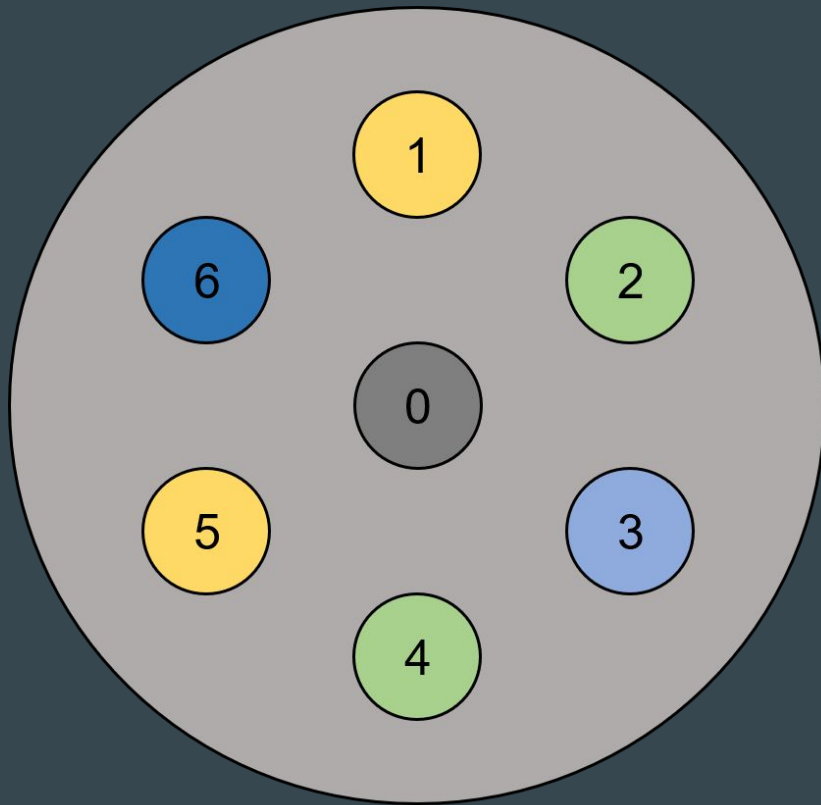
Adjacente



Adjacente ao oposto



Oposto



COUNT: 4

Núcleos [6, 4, 2, 6]

PONTUAÇÃO	
0	11 p
1	5 p
2	2 p
3	5 p
4	2 p
5	5 p
6	6 p



Central



Escolhido



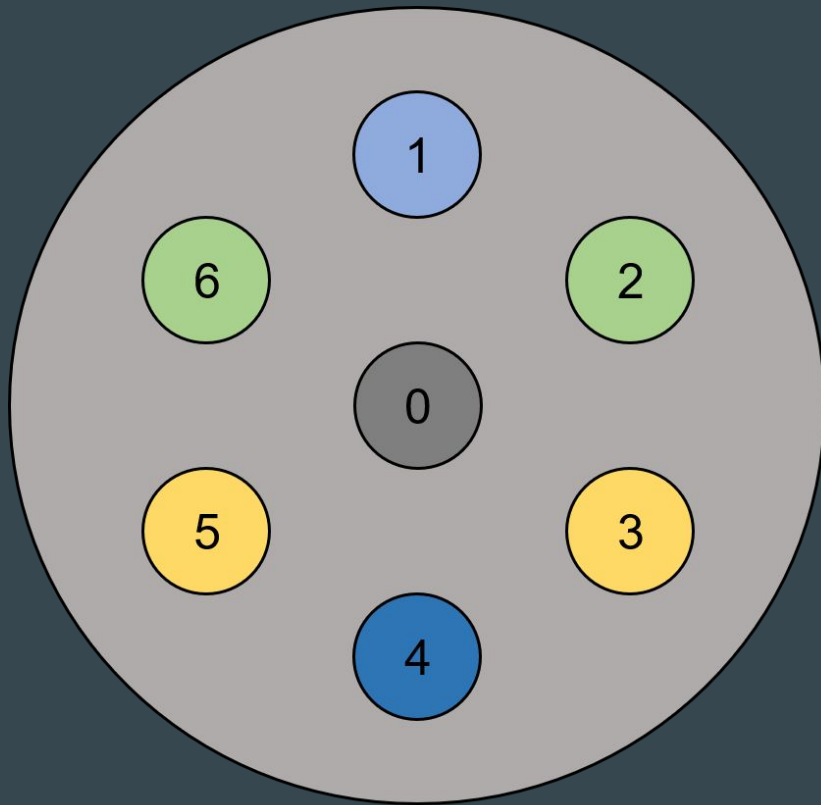
Adjacente



Adjacente ao oposto



Oposto



COUNT: 5

Núcleos [6, 4, 2, 6, 4]

PONTUAÇÃO	
0	11 p
1	5 p
2	2 p
3	5 p
4	2 p
5	5 p
6	6 p

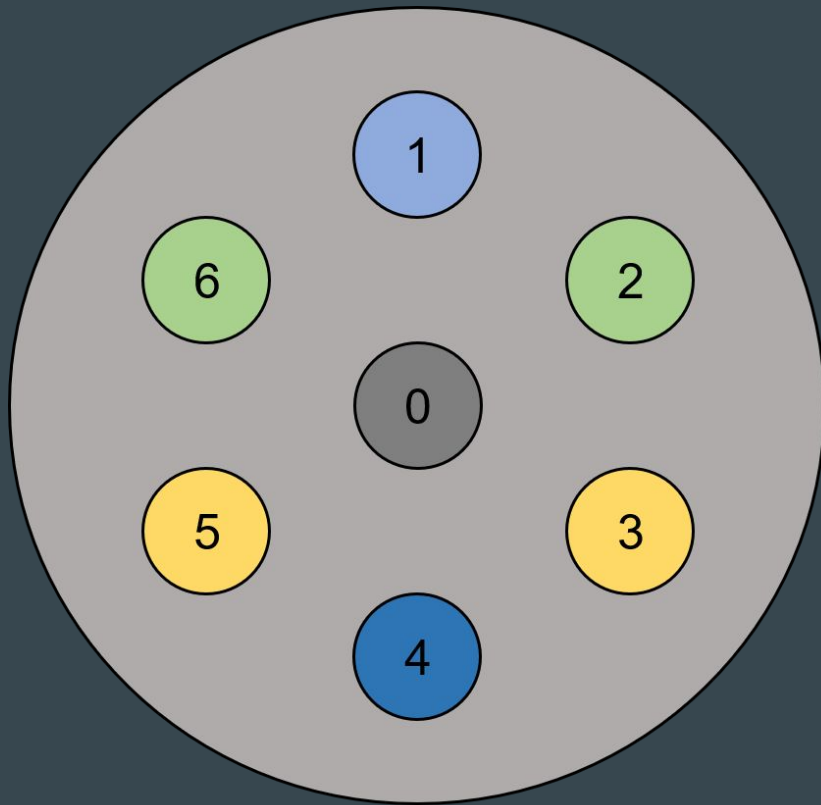
 Central

 Escolhido

 Adjacente

 Adjacente ao oposto

 Oposto



COUNT: 5

Núcleos [6, 4, 2, 6, 4]

PONTUAÇÃO	
0	10 p
1	4 p
2	-1 p
3	4 p
4	3 p
5	4 p
6	3 p

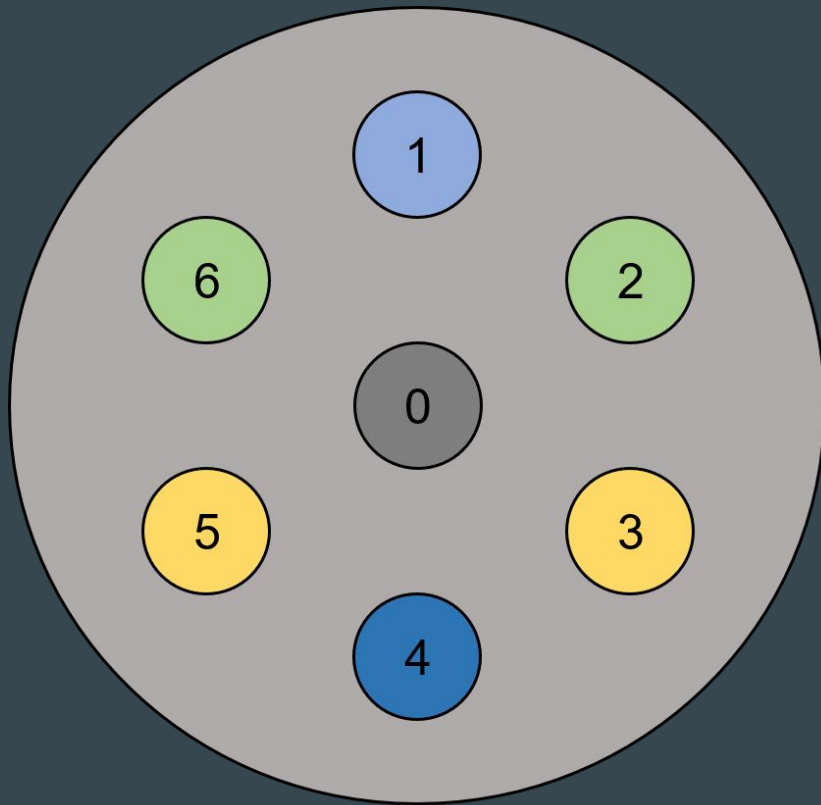
 Central

 Escolhido

 Adjacente

 Adjacente ao oposto

 Oposto



COUNT: 5

Núcleos [6, 4, 2, 6, 4]

PONTUAÇÃO	
0	10 p
1	4 p
2	10 p
3	4 p
4	3 p
5	4 p
6	3 p



Central



Escolhido



Adjacente

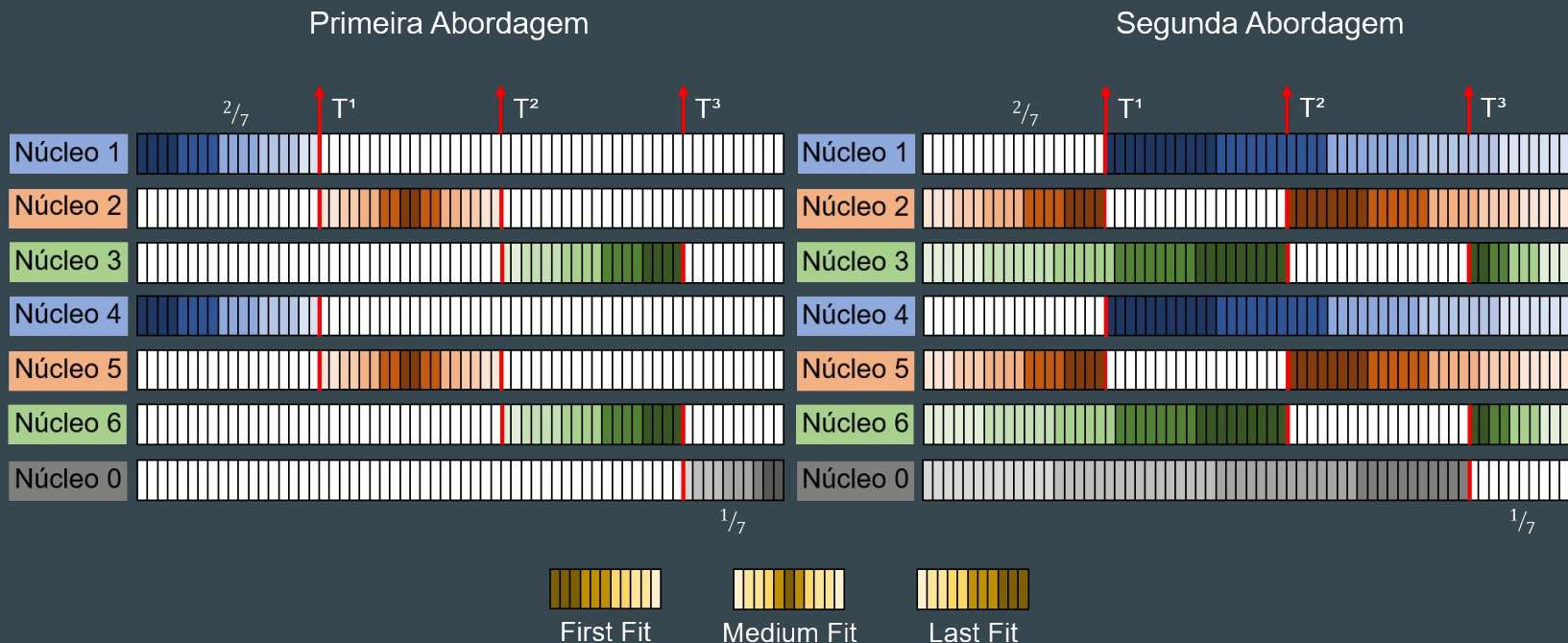


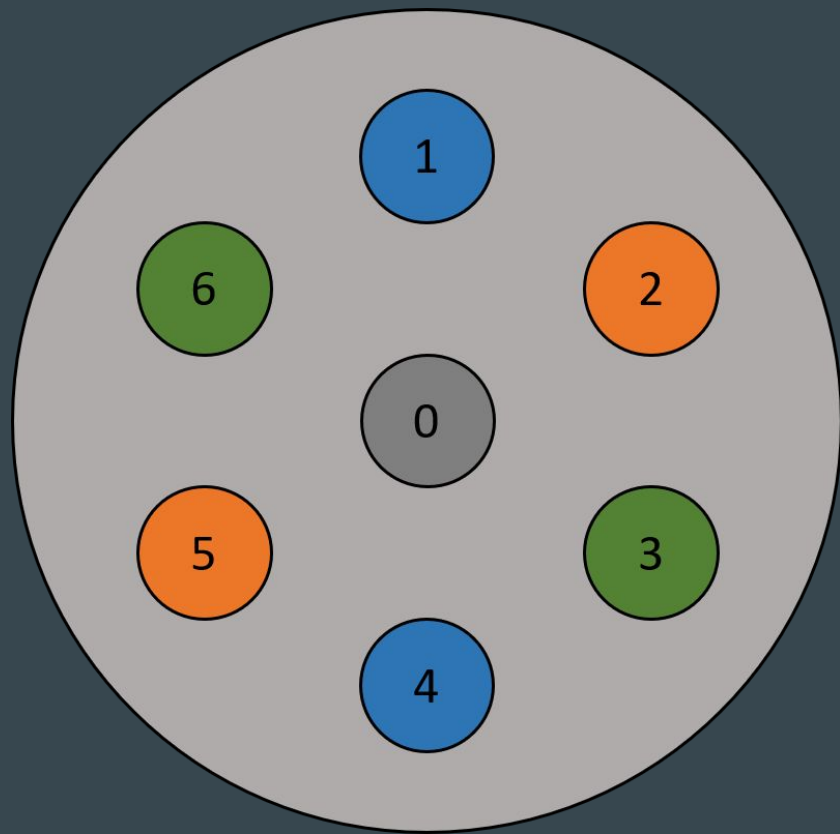
Adjacente ao oposto



Oposto

Espectro - Regionalização e Distanciamento das Alocações

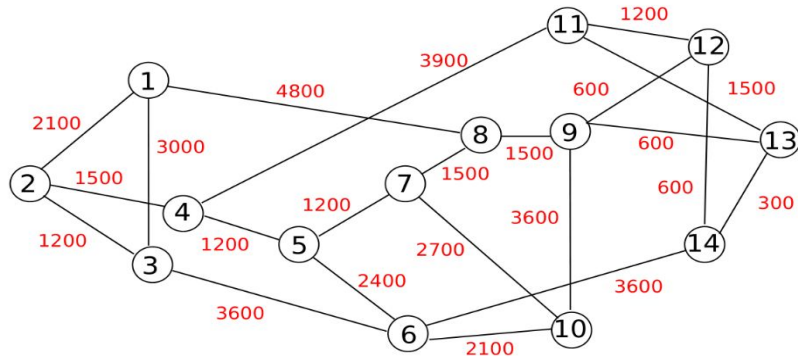




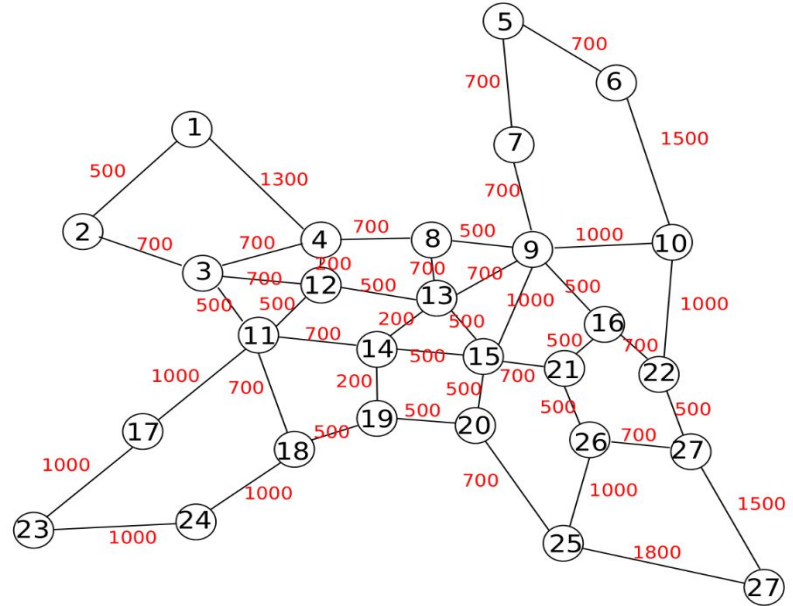
Avaliação de Desempenho

- RMCSA
 - Roteamento: Dijkstra
 - Modulação: Adaptativa
 - Alocação de Núcleo e Espectro: ADEIN
- SLICE Network Simulator - SNetS
 - 10 replicações com 100.000 requisições cada.
 - Distribuição uniforme das requisições.
 - A geração das requisições segue uma distribuição de Poisson
 - Largura de bandas utilizadas: 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 Gbps
 - Nível de confiança de 95%
 - Topologias: EON e NSFNet

Topologias Utilizadas



(a) NFSNET



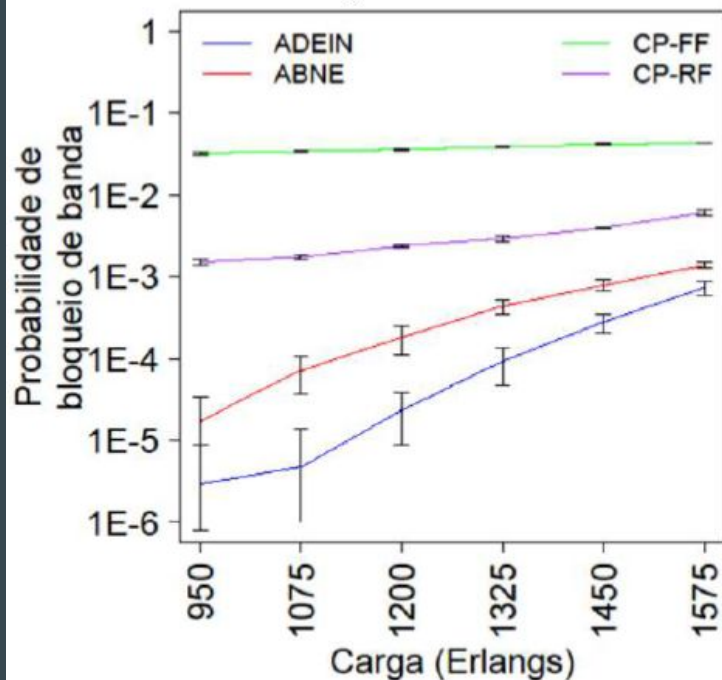
(b) EON

Avaliação de Desempenho

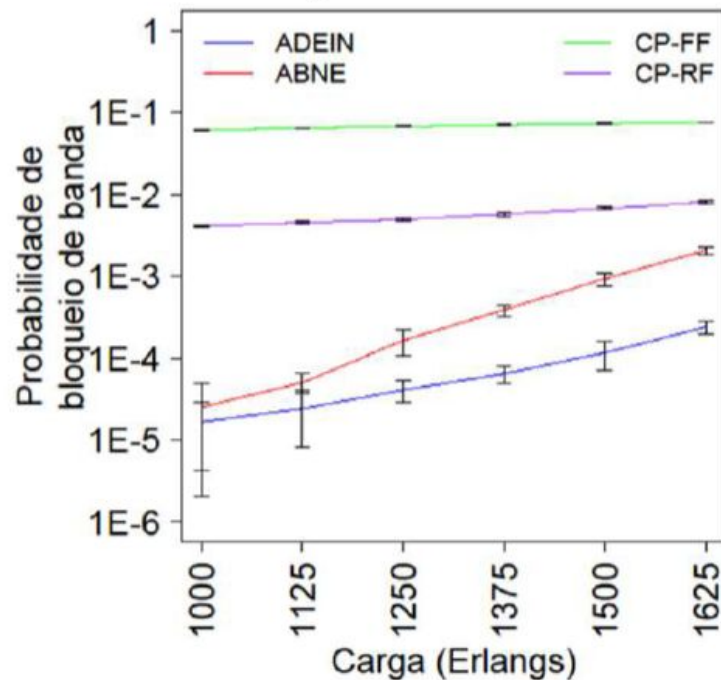
- Algoritmos de Referência
 - Algoritmo de Balanceamento Inter-Núcleo (ABNE)
 - Lacerda Jr., J., Fontinele, A., Santos, I., Leao, E., Campelo, D., Monteiro, J. A., and Soáres, A. (2020). Algoritmo de balanceamento inter-nucleos para redes Ópticas elásticas com multiplexação por divisão espacial. In Anais do XXXVIII Simposio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, pages 519–532, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
 - Core Priorization with First Fit (CP-FF)
 - Core Priorization with Random Fit (CP-RF)
 - Fujii, S., Hirota, Y., Tode, H., and Murakami, K. (2014). On-demand spectrum and core allocation for reducing crosstalk in multicore fibers in elastic optical networks. IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, 6(12):1059–1071.

Gráficos de Probabilidade de Bloqueio de Banda

a) PBB EON

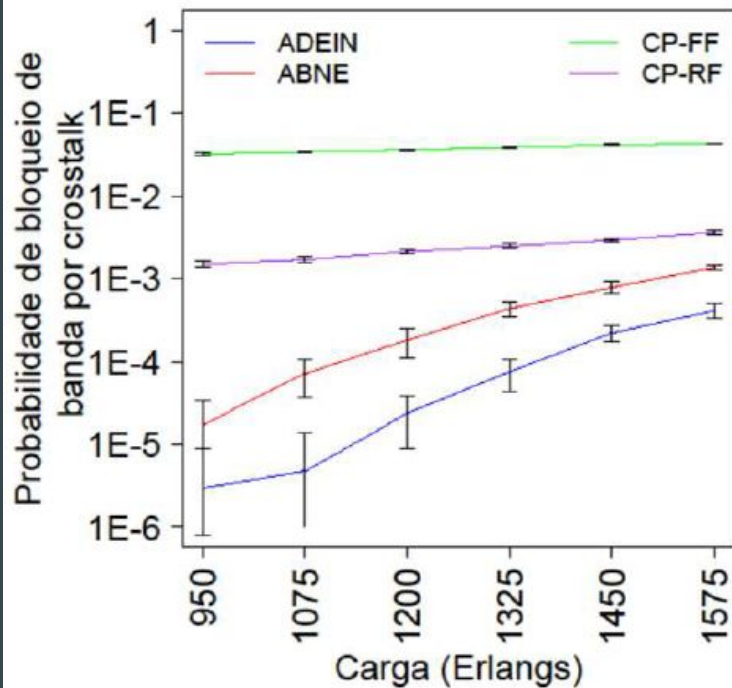


b) PBB NSFNET

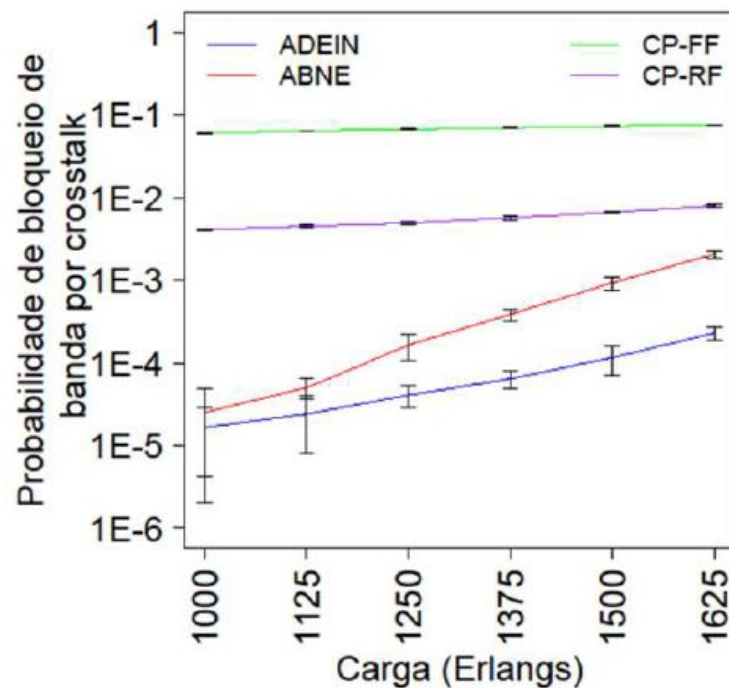


Gráficos de Probabilidade de Bloqueio de Banda por XT

a) PBB XT EON

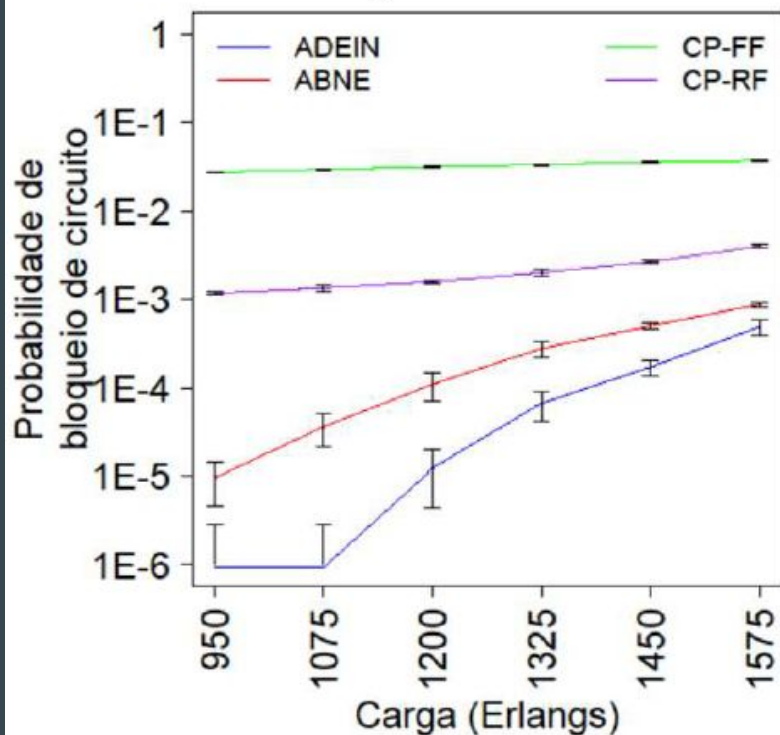


b) PBB XT NSFNET

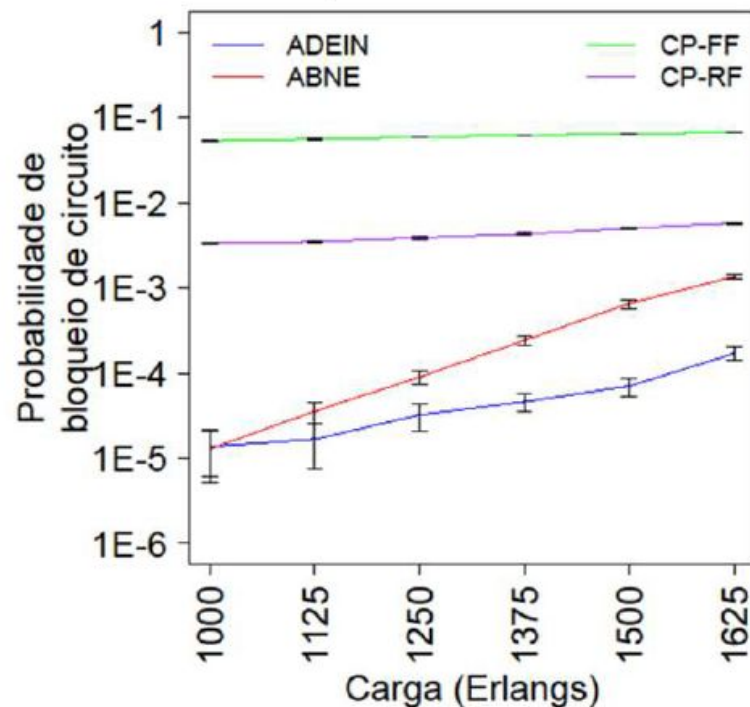


Gráficos de Probabilidade de Bloqueio de Circuito

c) PBC EON



d) PBC NSFNET



Conclusão

- Algoritmo de Distanciamento Espectral Inter-Núcleos (ADEIN)
 - Apresentou uma redução na incidência de crosstalk.
 - Diminuição dos bloqueios de requisições.
- Trabalhos Futuros
 - Expandir o cenário de avaliação e métricas.
 - Analisar e quantificar porcentagens adequadas para o uso do núcleo central.
 - Evoluir o algoritmo de seleção de núcleo e integrar com a seleção de espectro.

Um Novo Algoritmo de Balanceamento Espectral Entre Grupos de Núcleos para Redes Ópticas Elásticas com Multiplexação por Divisão Espacial

...

Paulo E. R. Araujo, Jurandir C. Lacerda Jr, André C. B. Soares

Obrigado!



Páginas Extras

...

Parâmetros da Camada Física

Tabela 1. Parâmetros utilizadas na camada física.

Descrição	Valor
Densidade espectral de potência do sinal	-23 dBm/GHz
Atenuação da fibra (α)	0,2 dB/km
Parâmetro de dispersão da fibra (D)	16 ps/nm/km
Coefficiente não-linear da fibra (γ)	1,3 (Wkm) ⁻¹
Tamanho de um <i>span</i> (L_s)	80 km
Figura de ruído do amplificador (NF)	5 dB
Raio de curvatura (R)	0,01 m
Constante de propagação (β)	10 ⁷ m ⁻¹
Distância entre núcleos (Λ)	4,5 × 10 ⁻⁵ m
Coefficiente de acoplamento (k)	5,84 × 10 ⁻³ m ⁻¹

Parâmetros de Modulação

Tabela 2. Parâmetros utilizados para modulação

	BPSK	QPSK	8QAM	16QAM	32QAM
Distância	10.000 km	5.000 km	2.500 km	1.250 km	650 km
Limiar de OSNR	5,5 dB	8,5 dB	12,5 dB	15,1 dB	18,1 dB
Limiar de XT	-14 dB	-18,5 dB	-21 dB	-25 dB	-27 dB

Lobato, F. R., Jacob, A., Rodrigues, J., Cartaxo, A. V. T., and Costa, J. (2019). Inter-core crosstalk aware greedy algorithm for spectrum and core assignment in space division multiplexed elastic optical networks. *Optical Switching and Networking*, 33:61 – 73.