

Novo Algoritmo RMLSA com Roteamento *Multihop* em Redes Ópticas Elásticas

Lucas Rodrigues Costa
André Costa Drummond

CIC - Departamento de Ciência da Computação
UnB - Universidade de Brasília

Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2016

01 de Junho de 2016

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Redes Ópticas Elásticas
- 3 Estado da Arte
- 4 Proposta de Trabalho
- 5 Resultados Numéricos
- 6 Conclusão

Introdução

- O paradigma de **Redes Ópticas Elásticas (EON)** é considerado o futuro das redes ópticas.
- As redes EON tem a característica de ajustar dinamicamente seus recursos de acordo com a demanda necessária garantindo uma alta eficiência espectral.
- Para a alocação de recursos é necessário resolver o problema de roteamento e alocação de espectro (*Routing and Spectrum Allocation - RSA**), que é NP-Difícil.

*RMLSA - *Routing and Modulation Level Spectrum Allocation*

Canais ópticos com grade fixa e flexível

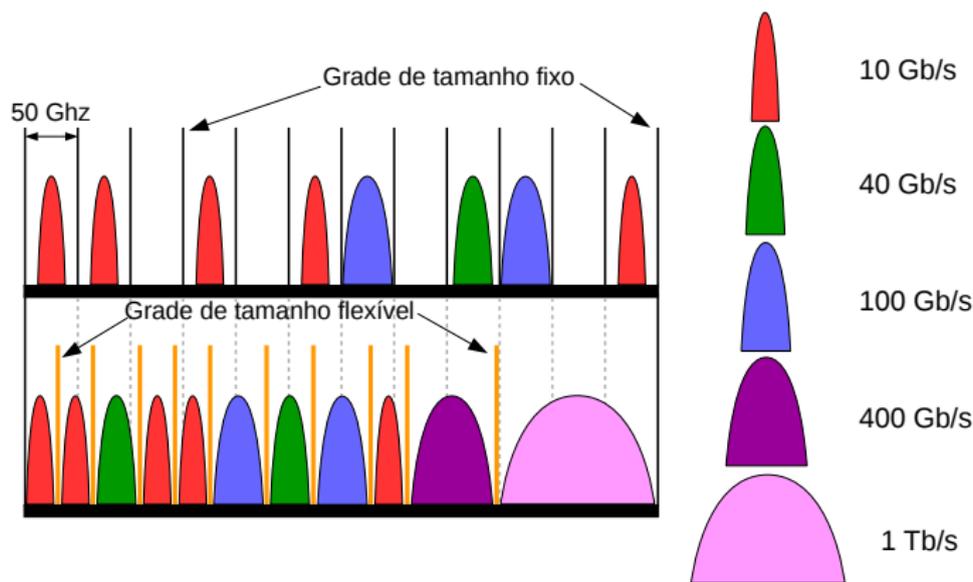


Figura: Canais ópticos com grade fixa e flexível.

Representação da alocação de espectro através de *slots*

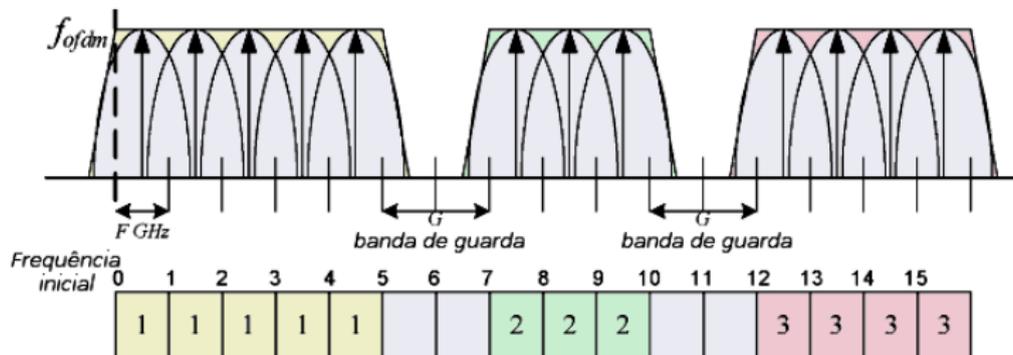
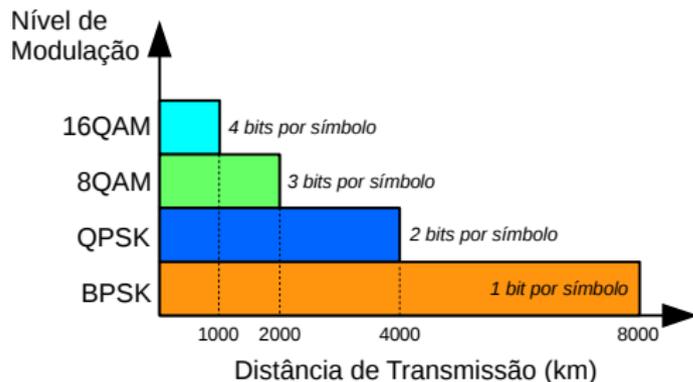


Figura: Representação do espectro em *slots* (subportadoras).

Níveis de modulação em uma subportadora



Modulação	Slot (12,5GHz)
16QAM	50Gbps
8QAM	37,5Gbps
QPSK	25Gbps
BPSK	12,5Gbps

Figura: Níveis de modulação em uma subportadora OFDM EON.

Roteamento e alocação de espectro

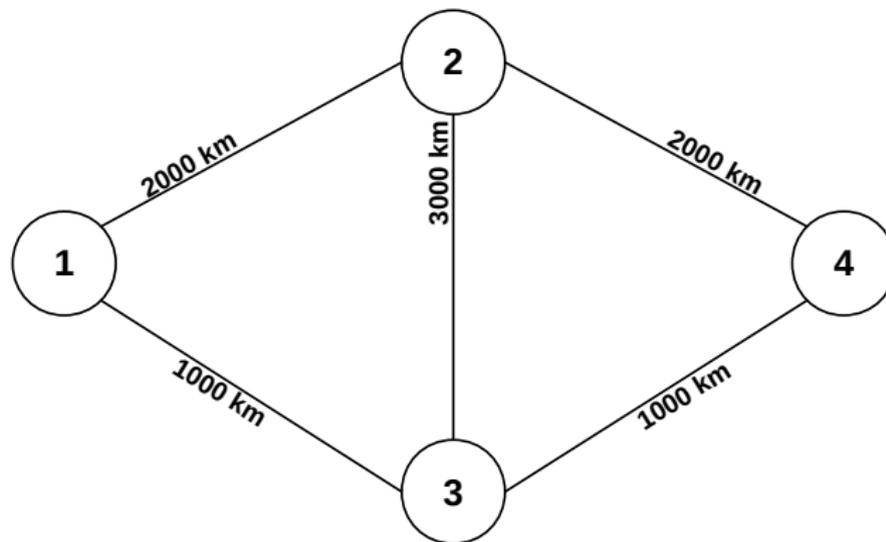


Figura: Roteamento e alocação de espectro com 4 nós.

Roteamento e alocação de espectro

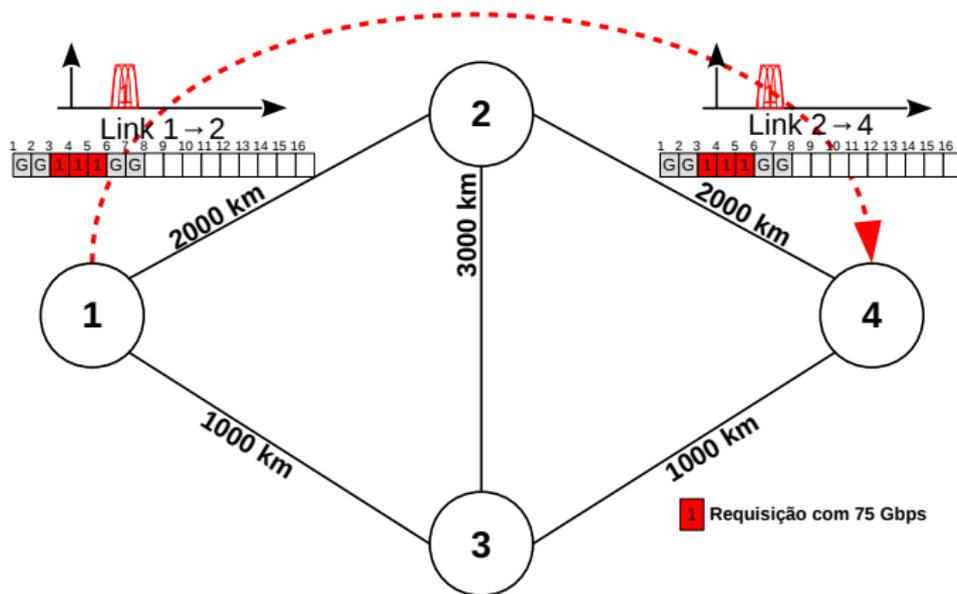


Figura: Roteamento e alocação de espectro com 4 nós.

Roteamento e alocação de espectro

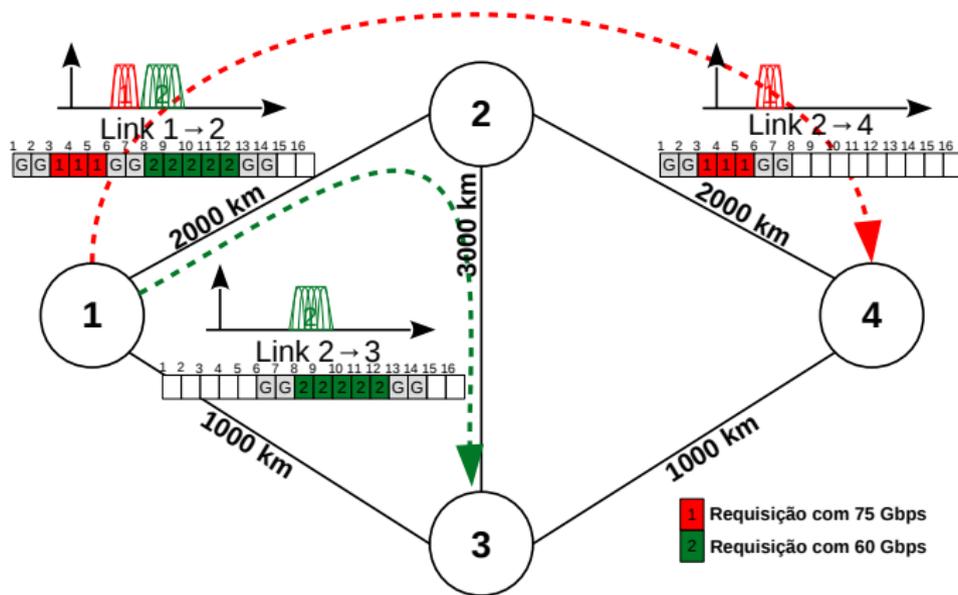


Figura: Roteamento e alocação de espectro com 4 nós.

Roteamento e alocação de espectro

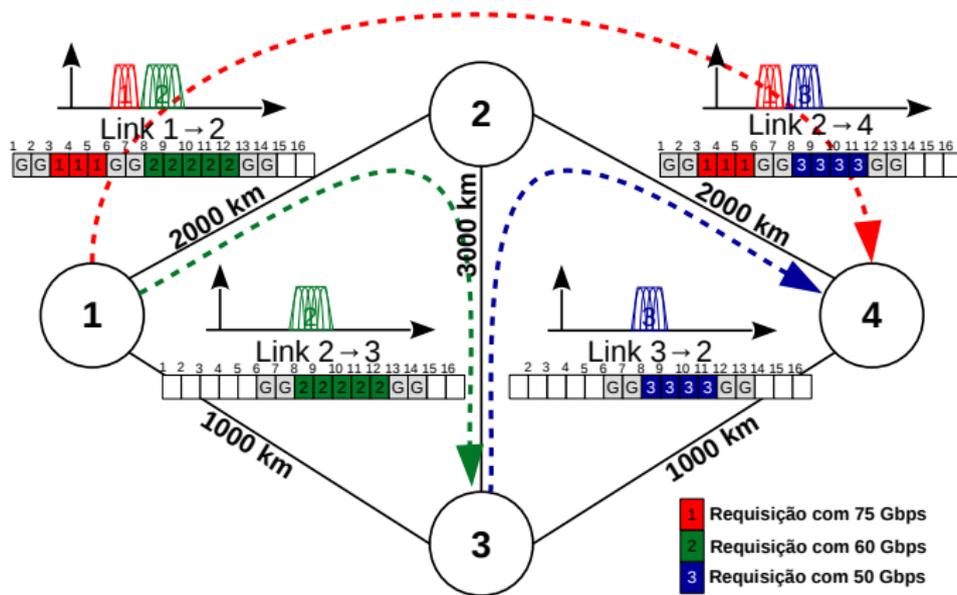


Figura: Roteamento e alocação de espectro com 4 nós.

Agregação Óptica em redes EON

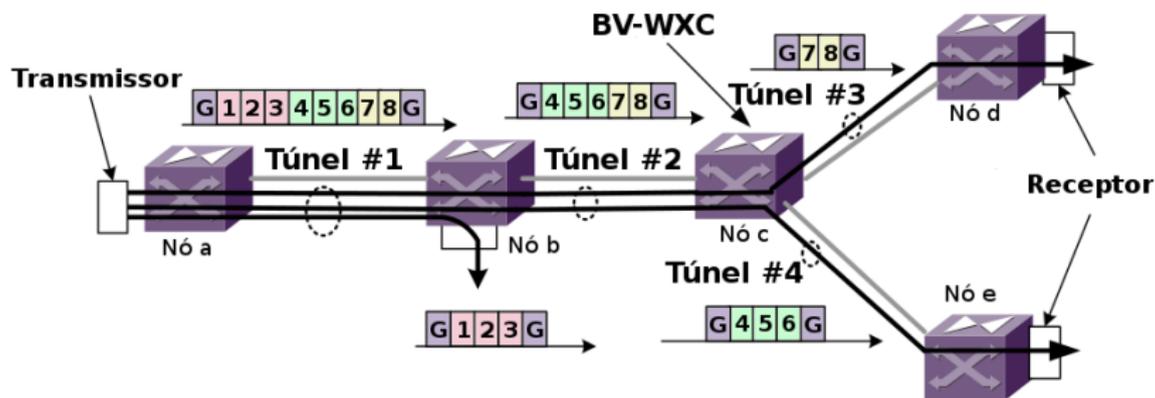


Figura: Representação de Agregação Óptica em redes EON.

Literatura de referência

[Wan X. et al. 2012]

Aborda o cenário de **tráfego dinâmico** propondo três abordagens para resolver o RSA e um esquema de **modulação adaptativa (mAdap)**

[Khodashenas P. S. et al. 2013]

Aborda o cenário de **tráfego dinâmico** e propõem uma técnica de agregação óptica RSA no ambiente com **modulação única**.

[Zilong Ye et al. 2014]

Propõe uma técnica de modulação adaptativa e agregação óptica para resolver o RMLSA no cenário de **tráfego estático**.

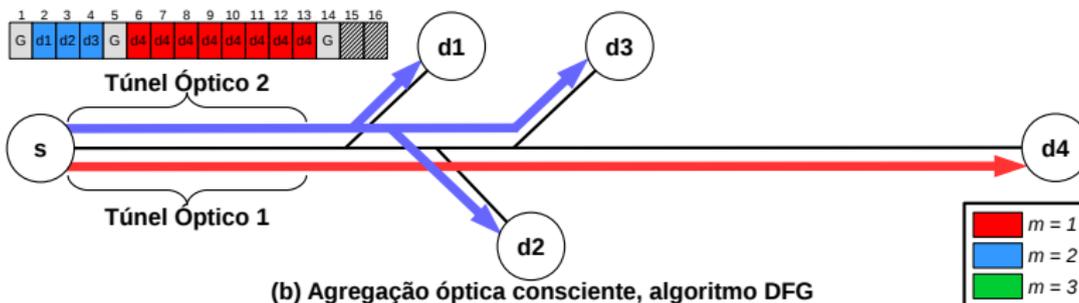
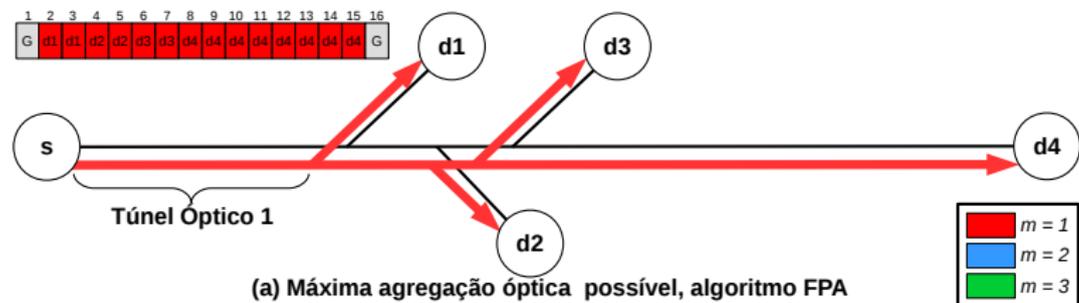
Maximizando o Uso do Maior Nível de Modulação

Engenharia de tráfego:

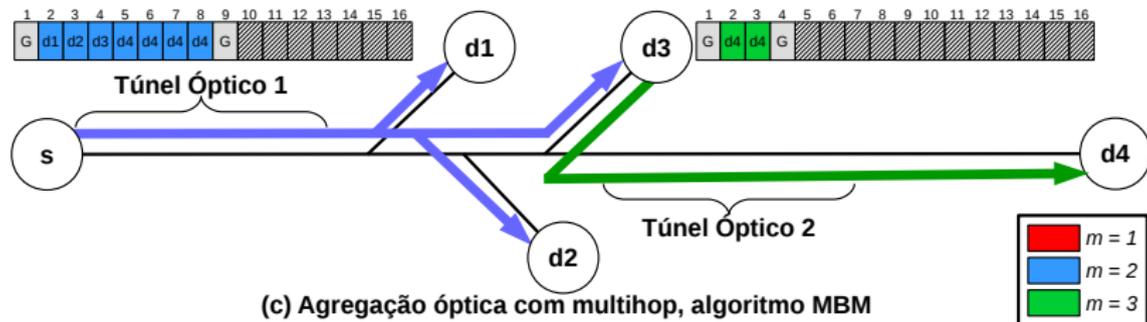
Este estudo propõe uma solução de engenharia de tráfego que levará em consideração as seguintes questões:

- Cenário de tráfego dinâmico;
- Agregação de tráfego;
 - Agregação elétrica;
 - Agregação óptica;
- Modulação adaptativa;
- Roteamento em múltiplos saltos (topologia virtual);

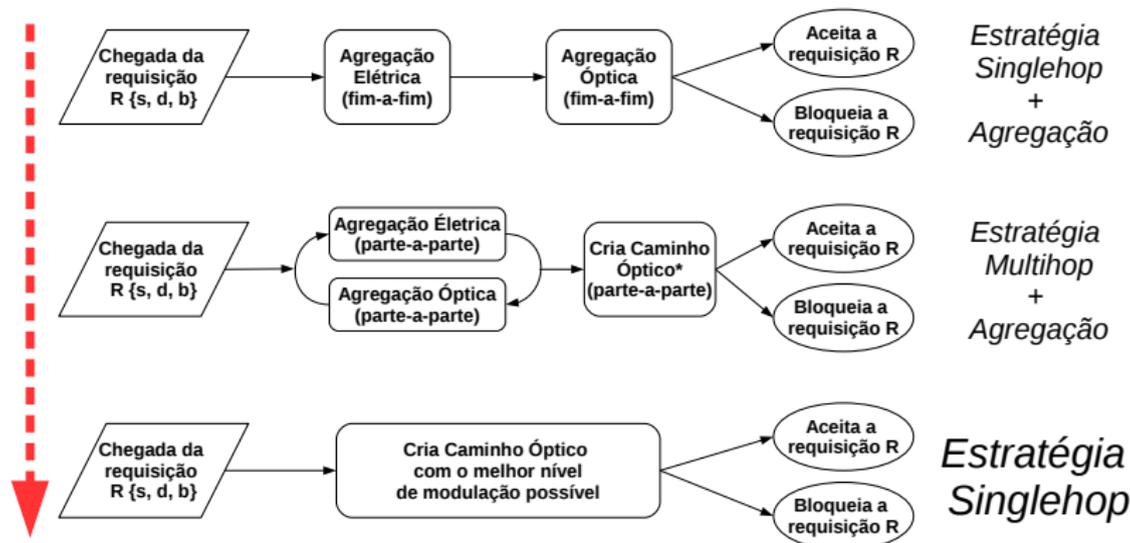
Esquema geral da solução proposta



Algoritmo MBM (*Maximize the use of Best Modulation format*)



Esquema geral da solução proposta



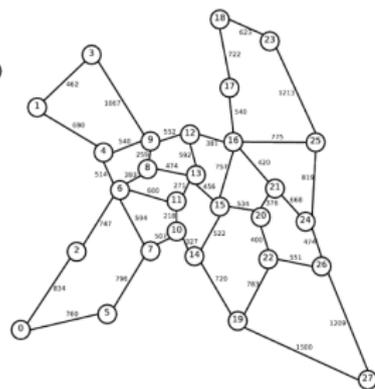
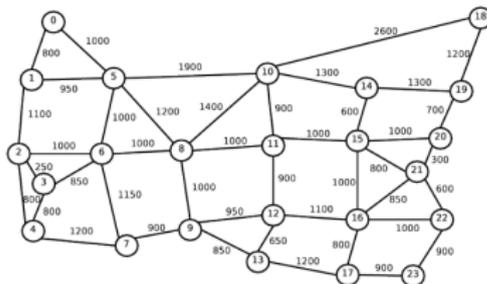
Relação com as propostas da literatura

Tabela: Principais propostas da literatura e suas características.

Proposta	Tráfego	Agregação Elétrica	Agregação Óptica	Roteamento	Modulação
KSP	Dinâmico	Não	Não	Singlehop	Fixa
MSP	Dinâmico	Não	Não	Singlehop	Fixa
SPV	Dinâmico	Não	Não	Singlehop	Fixa
RMLSA	Estático	Não	Não	Singlehop	Adaptativa
FPA	Dinâmico	Não	Sim	Singlehop	Fixa
MPH-SRNP	Dinâmico	Sim	Sim	Multihop	Fixa
DFG	Estático	Sim	Sim	Singlehop	Adaptativa
MBM	Dinâmico	Sim	Sim	Multihop	Adaptativa

Ambiente

- Tamanho de *slot* de 12,5 GHz e *Guard-Band* de 25 GHz
- 5 simulações independentes com *IC* de 95%.
- 15 níveis de carga na rede com 100.000 chamadas.
- Modulações: *BPSK*, *QPSK*, *8QAM* e *16QAM*.
- Esquema de Modulação Adaptativa: ***mAdap***
- **Simulador: ONS - *Optical Network Simulator***
- Topologias: USANet e PanEuro:



Taxa de bloqueio de banda (BBR):

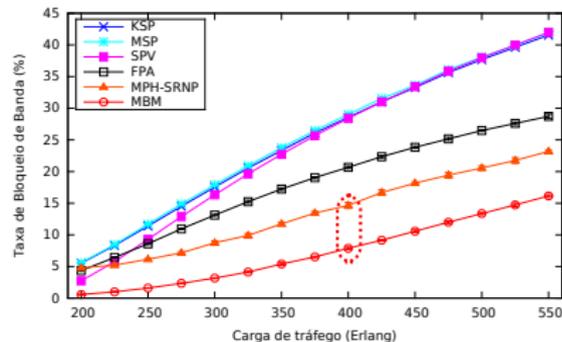
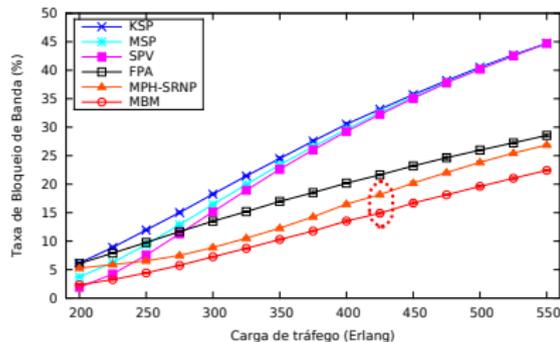


Figura: Taxa de bloqueio de banda (BBR). USANet e PanEuro.

Taxa média de transmissores disponíveis:

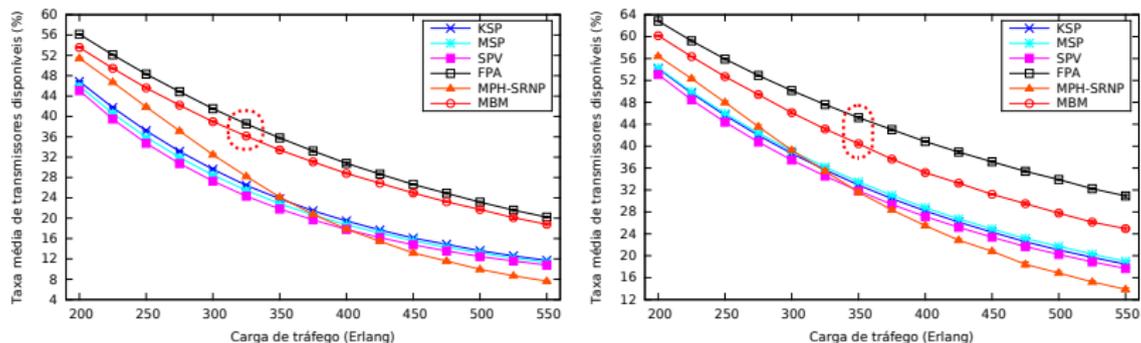


Figura: Taxa média de transmissores disponíveis. USANet e PanEuro.

Média de saltos na topologia virtual:

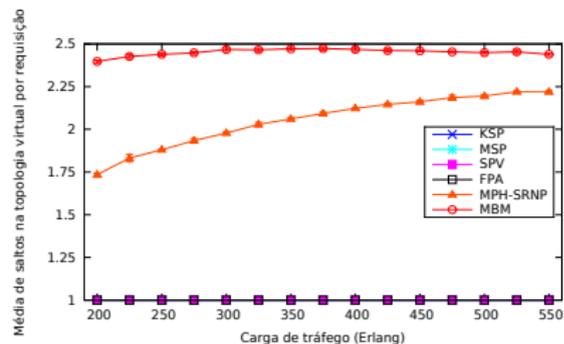
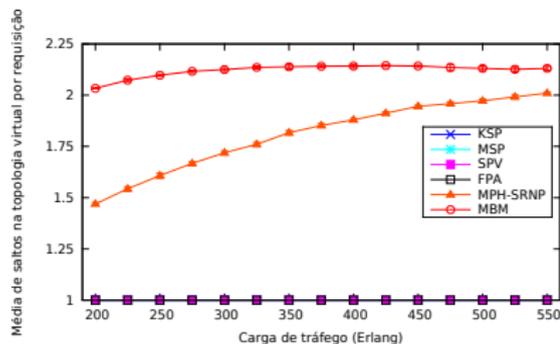


Figura: Média de saltos na topologia virtual. USANet e PanEuro.

Taxa média de espectro disponível:

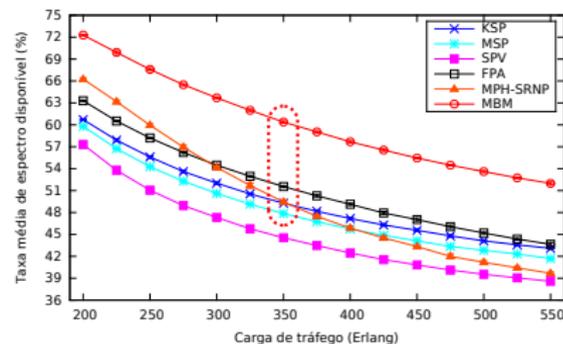
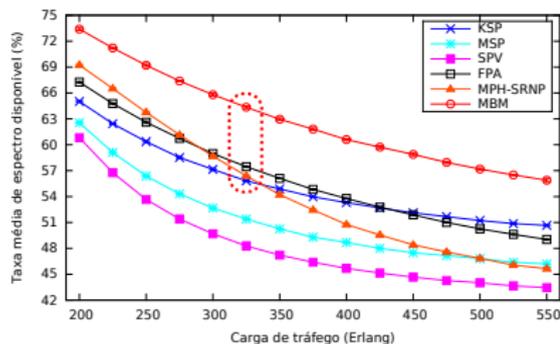


Figura: Taxa média de espectro disponível. USANet e PanEuro.

Taxa média do uso de modulação

Tabela: Taxa média do uso de modulação. USANet e PanEuro.

Algoritmo	% BPSK	% QPSK	% 8QAM	% 16QAM
KSP	19,06	42,26	24,72	13,96
MSP	22,23	39,93	24,18	13,66
SPV	24,25	39,09	23,38	13,28
FPA	16,48	43,87	25,52	14,13
MPH-SRNP	27,87	26,39	20,49	25,25
MBM	7,95	18,42	18,57	55,06

Algoritmo	% BPSK	% QPSK	% 8QAM	% 16QAM
KSP	1,37	37,75	39,78	21,10
MSP	2,77	36,64	39,23	21,36
SPV	3,82	38,14	37,48	20,56
FPA	1,19	37,24	40,36	21,21
MPH-SRNP	19,03	19,00	22,56	39,41
MBM	0,87	8,78	8,83	81,52

Considerações finais

- O uso da agregação elétrica e óptica com modulação adaptativa traz ganhos significativos na taxa de bloqueio no paradigma EON.
- Foi proposto um algoritmo (MBM) que procura realizar agregação óptica usando os melhores níveis de modulação através de múltiplos saltos na topologia virtual.
- O algoritmo (MBM) provoca uma menor utilização de recursos de espectro proporcionando uma redução **significativa (50%)** na taxa de bloqueio de banda (BBR).

Trabalhos Futuros:

Desenvolvimento de um esquema de modulação adaptativa que proporcione um roteamento multihop.

Obrigado

lucasrc@unb.br