

Nova Solução para o Problema de Roteamento em Redes Ópticas Elásticas Utilizando Algoritmo Ciente de Fragmentação Baseado em Sistemas Fuzzy

Ítalo Barbosa Brasileiro
José Valdemir dos Reis Júnior
André Castelo Branco Soares

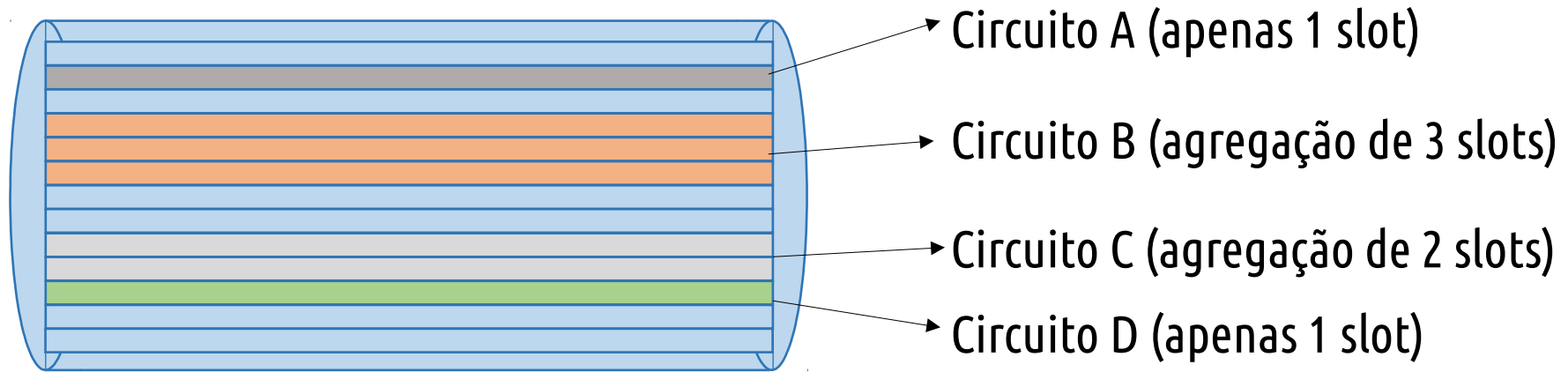


FAPEPI
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA
DO ESTADO DO PIAUÍ



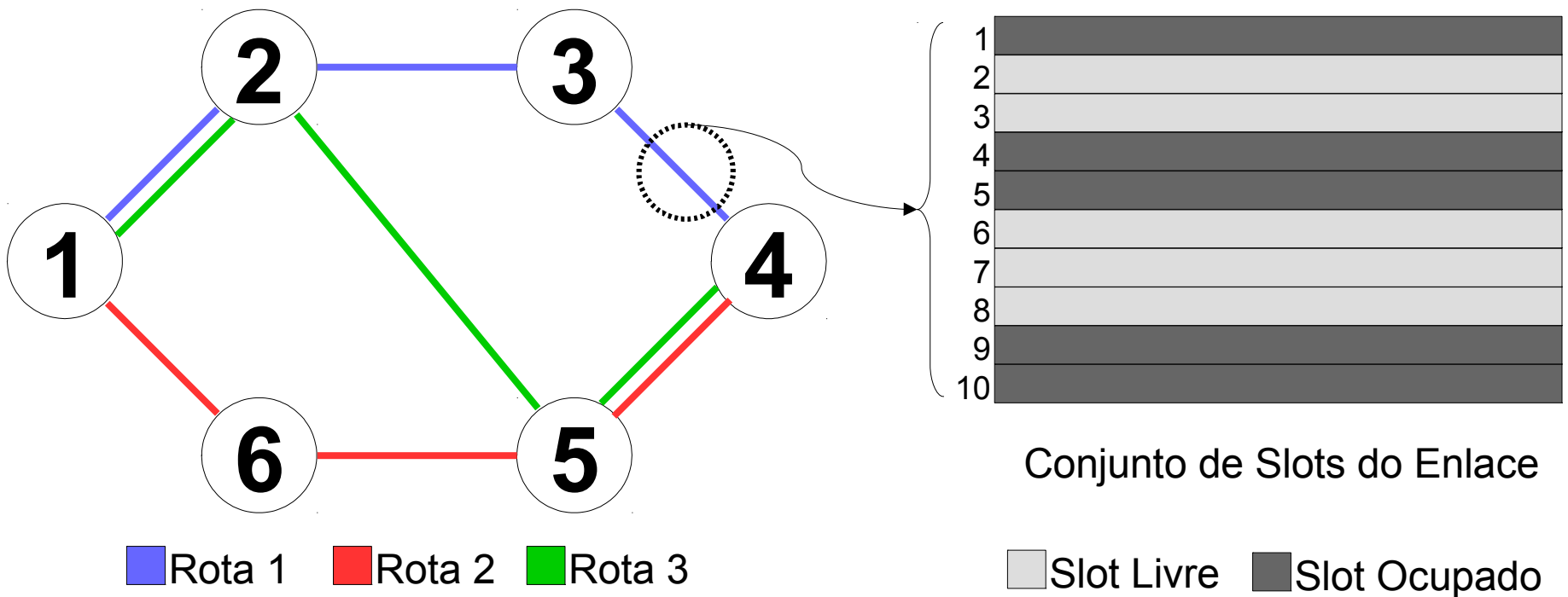
Redes Ópticas Elásticas

- Altas taxas de transmissão;
- OFDM;
- Espectro Óptico: Flexibilidade.



Problema RSA

Roteamento e Alocação Espectral (*Routing and Spectrum Allocation*)



Restrições Ópticas

- Necessárias para a transmissão da informação em meio exclusivamente óptico;
- Restrições:
 - *Continuidade;*
 - *Contiguidade.*



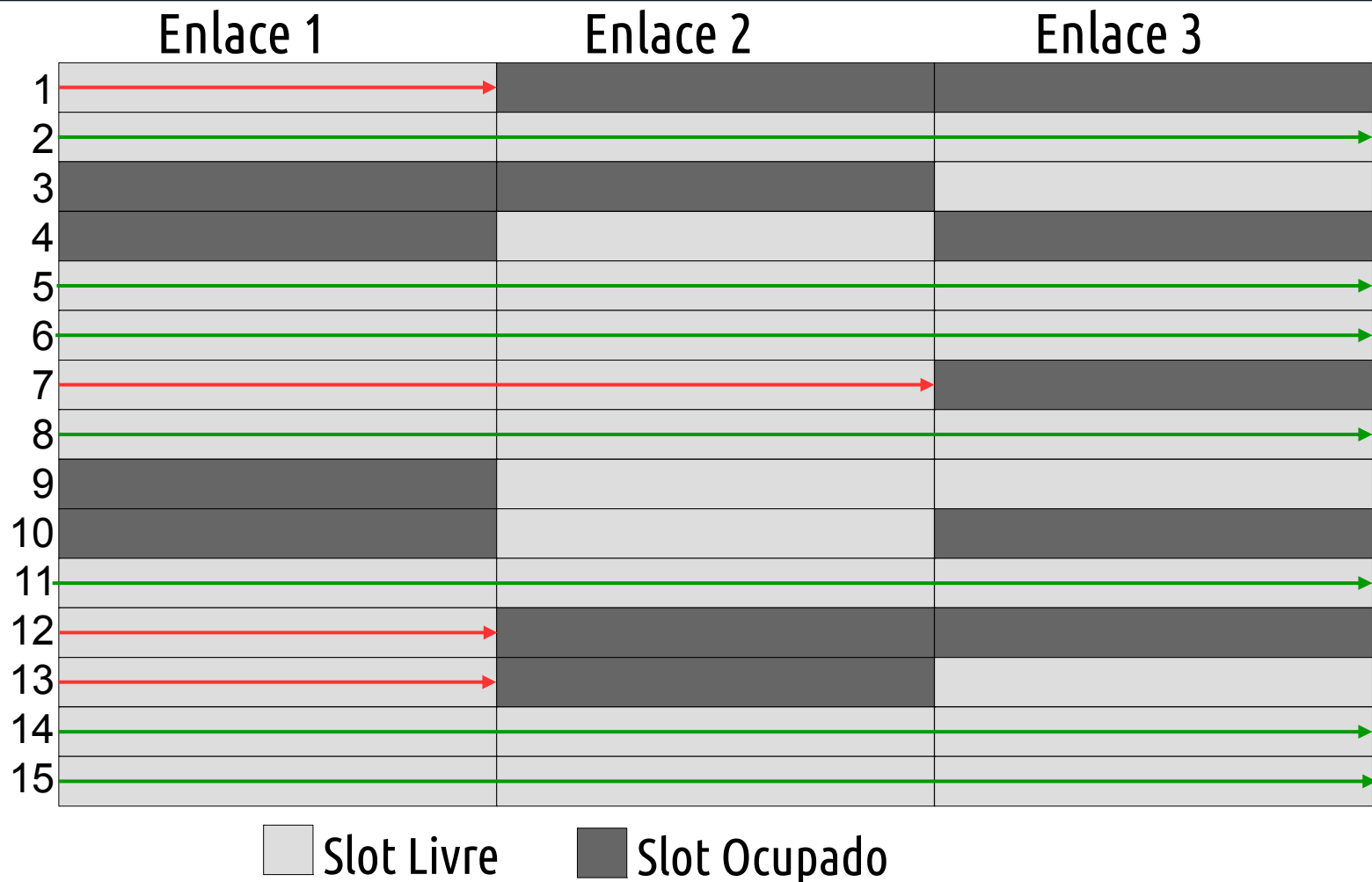
Restrições Ópticas

	Enlace 1	Enlace 2	Enlace 3
1	Slot Livre	Slot Ocupado	Slot Ocupado
2	Slot Livre	Slot Livre	Slot Livre
3	Slot Ocupado	Slot Ocupado	Slot Livre
4	Slot Ocupado	Slot Livre	Slot Ocupado
5	Slot Livre	Slot Livre	Slot Livre
6	Slot Livre	Slot Livre	Slot Livre
7	Slot Livre	Slot Livre	Slot Ocupado
8	Slot Livre	Slot Livre	Slot Livre
9	Slot Ocupado	Slot Livre	Slot Livre
10	Slot Ocupado	Slot Livre	Slot Ocupado
11	Slot Livre	Slot Livre	Slot Livre
12	Slot Livre	Slot Ocupado	Slot Ocupado
13	Slot Livre	Slot Ocupado	Slot Livre
14	Slot Livre	Slot Livre	Slot Livre
15	Slot Livre	Slot Livre	Slot Livre

Slot Livre Slot Ocupado



Restrições Ópticas: Continuidade



Restrições Ópticas: Contiguidade



Requisição de 2 slots

Slot Livre

Slot Ocupado

Fragmentação

- Restrições de *continuidade* e *contiguidade* particionam o espectro óptico;
- Requisições de maior largura de banda deixam de ser atendidas, mesmo que exista uma quantidade suficiente de slots livres.



Fragmentação Relativa

- Permite medir a fragmentação do espectro para requisições de determinada largura de banda.

$$F(c) = 1 - \frac{c \times Livre(c)}{totalLivre}$$

- c = quantidade de slots da requisição;
- $totalLivre$ = total de slots livres;
- $Livre(c)$ = quantidade de requisições simultâneas de c slots que podem ser atendidas.



Trabalhos Relacionados

Soluções RSA:

- Integradas;
- Sequenciais:
 - DJK (Roteamento);
 - MMRDS (Roteamento);
 - Fuzzy [Ribeiro, 2014] (Roteamento);

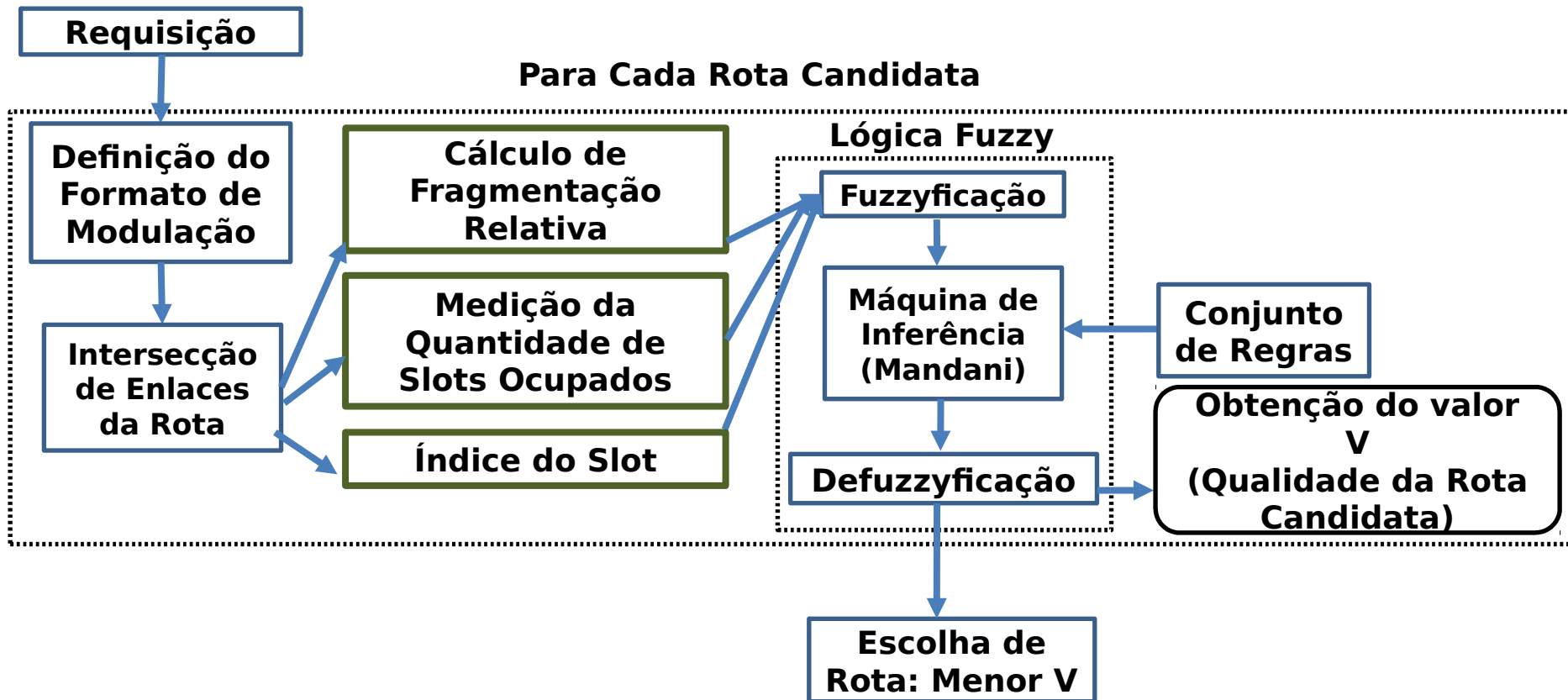


Algoritmo Proposto

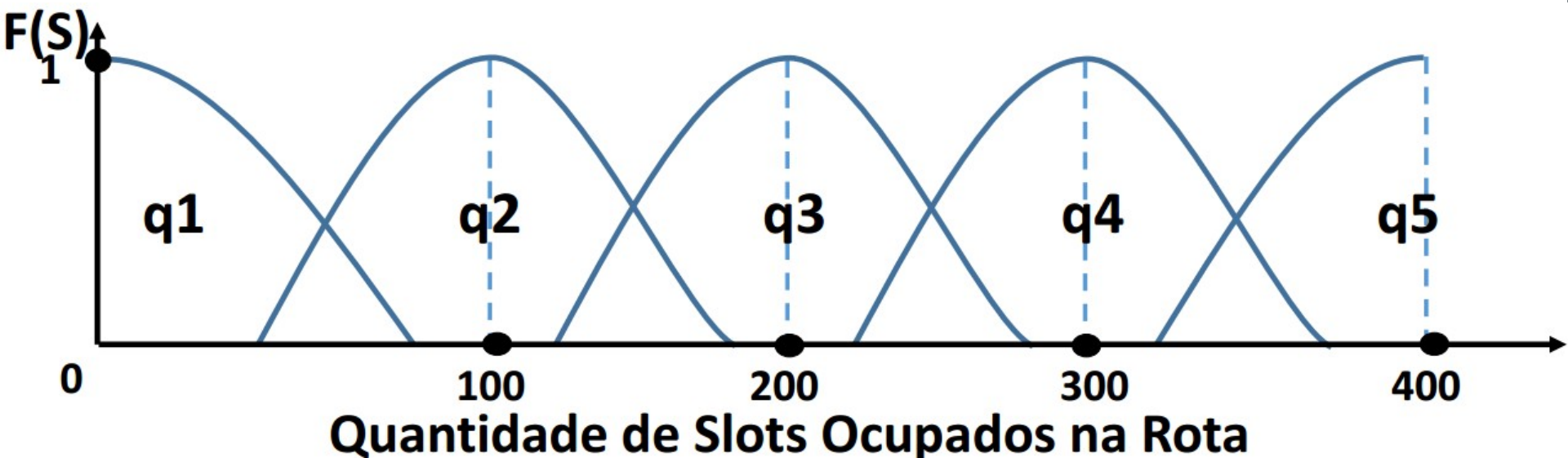
- Algoritmo baseado em sistema Fuzzy;
- Solução de *Roteamento*;
- Avaliação de Rotas Candidatas.



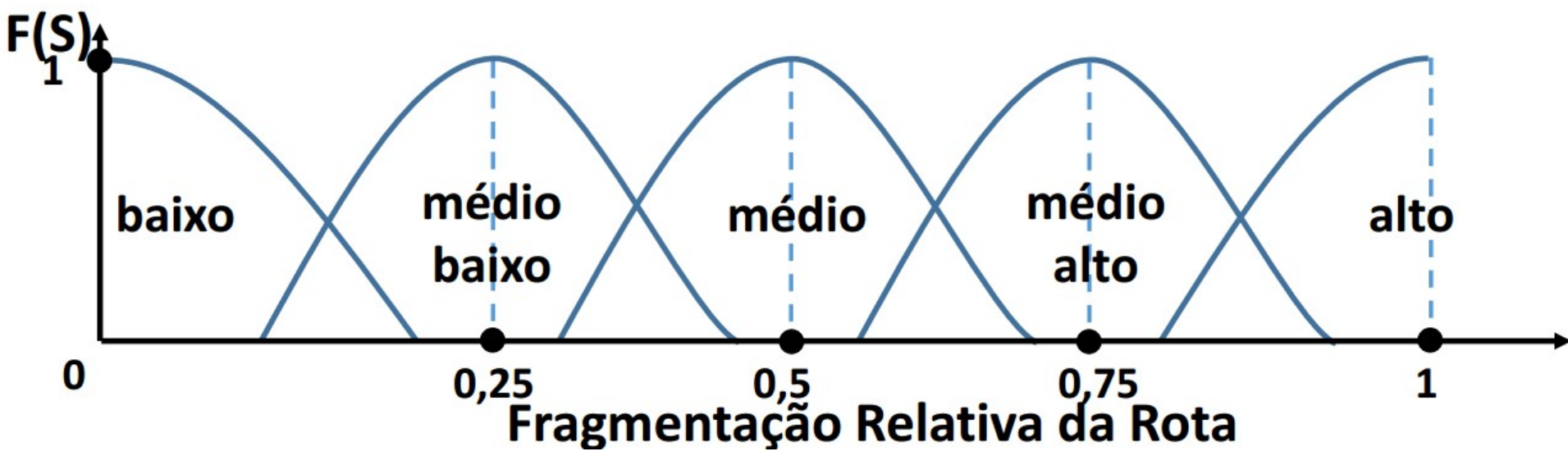
Algoritmo Proposto



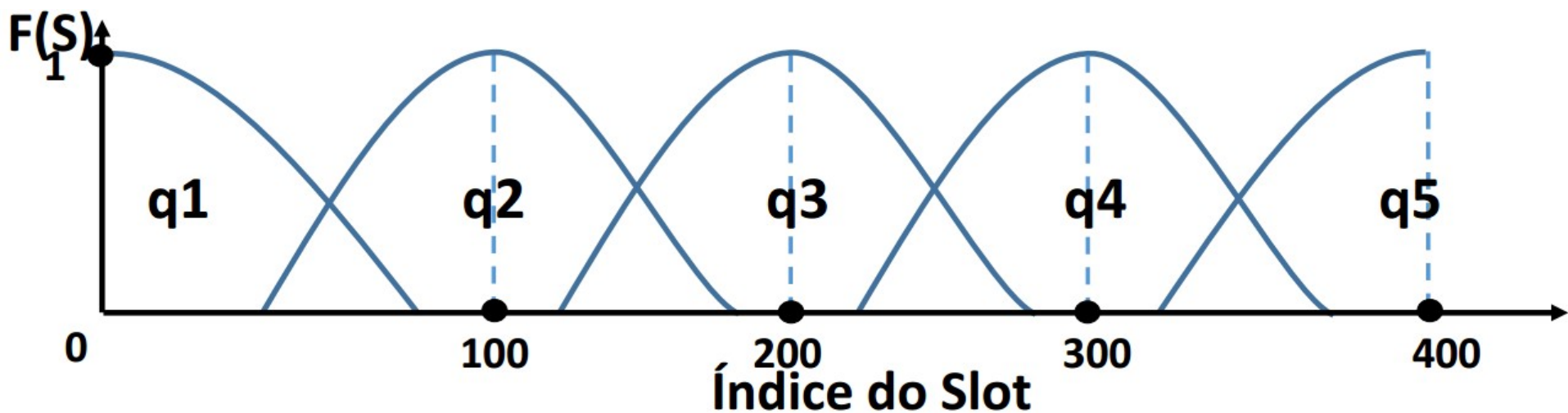
Função de Pertinência: Quantidade de Slots Ocupados



Função de Pertinência: Fragmentação Relativa



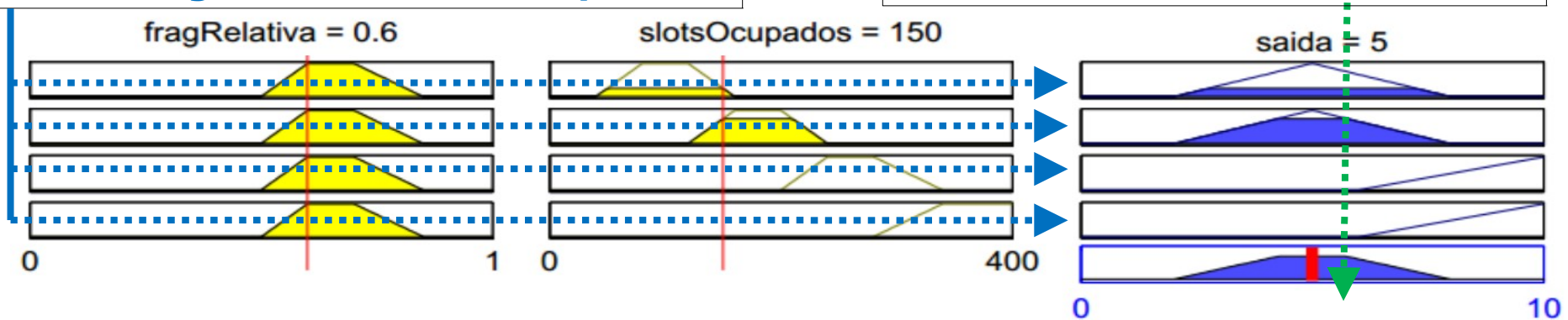
Função de Pertinência: Índice do Slot



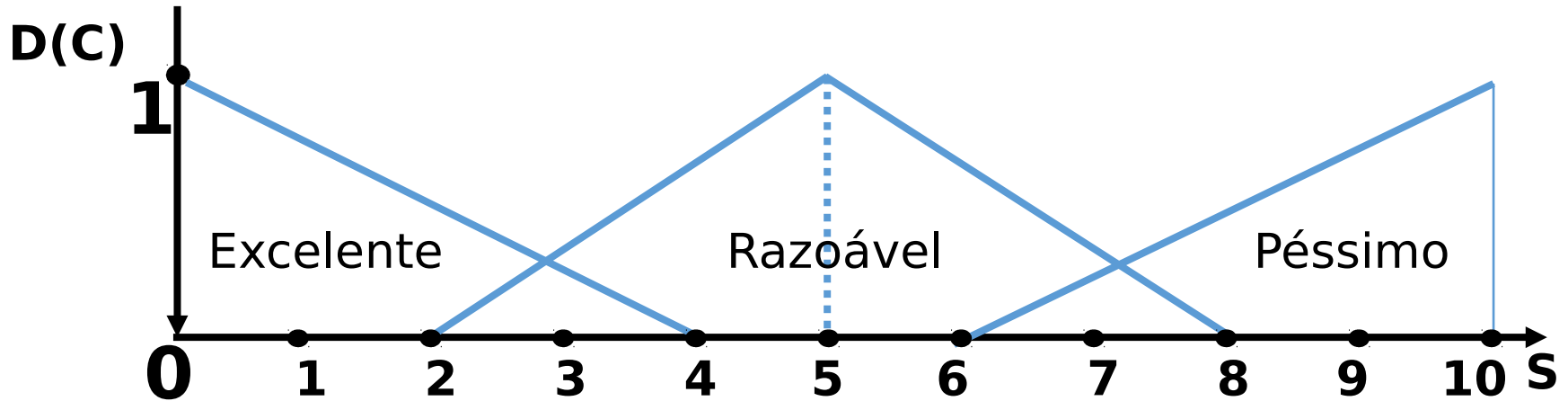
Máquina de Inferência: Mamdani

Primeira Fase:
min (fragRelativa, slotsOcupados)

Segunda Fase:
max (conjunto_Primeira_Fase)



Defuzzyficação



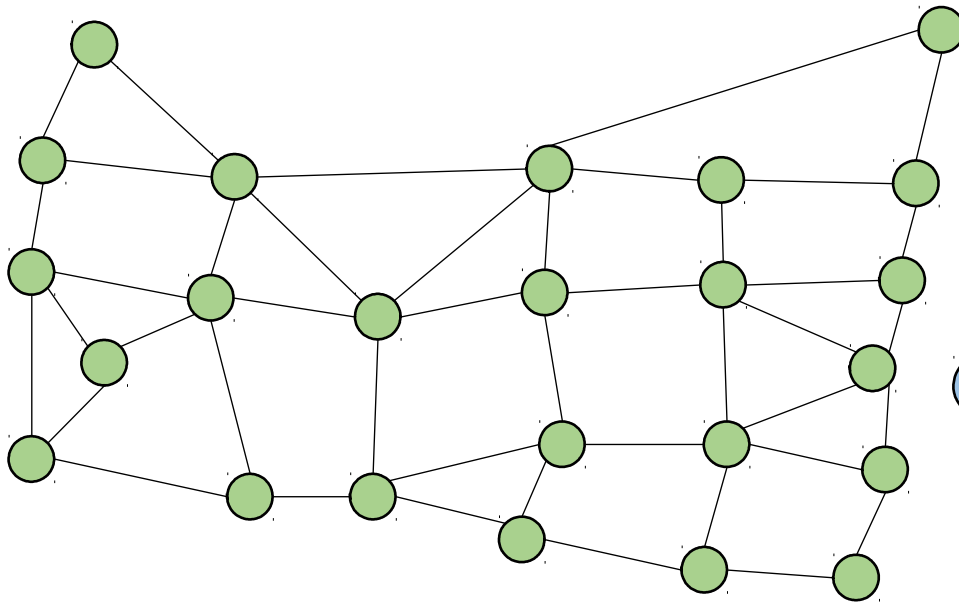
$$V = \frac{\sum_{s=0}^{10} S * D(S)}{\sum_{s=0}^{10} D(S)}$$

- S = Distribuição dos valores para Defuzzyficação;
- D(S) = Valor encontrado para cada ponto na Defuzzyficação.

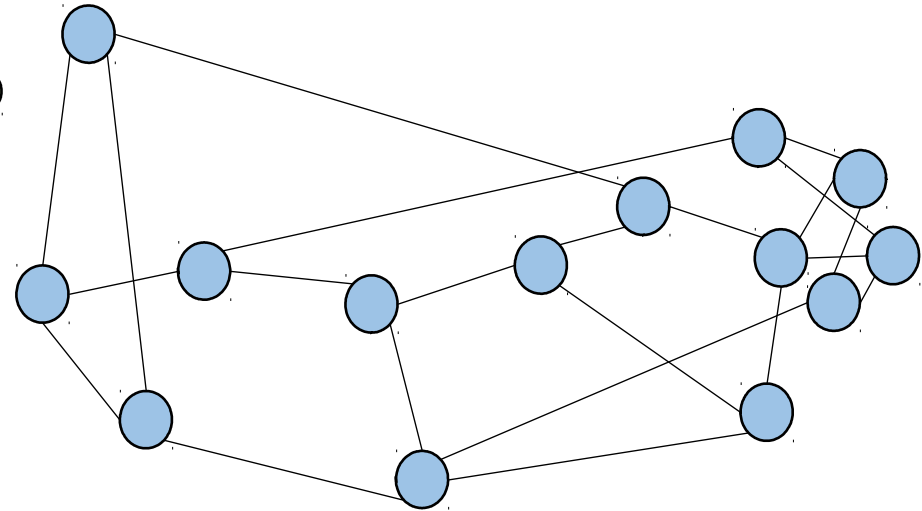


Simulações: Topologias

Topologias



USA



NSFNet



Simulador: SNetS

- *Slice Network Simulator;*
- Implementado em Java;
- Módulos para realização de simulação distribuída e implementação de algoritmos RSA;



Simulações: Características por Topologia

Características	USA	NSFNet
Números de Nós	24	14
Numero de Enlaces	43	22
Carga Inicial por Nó	2.1	3.0
Incremento da Carga	0.36	0.24



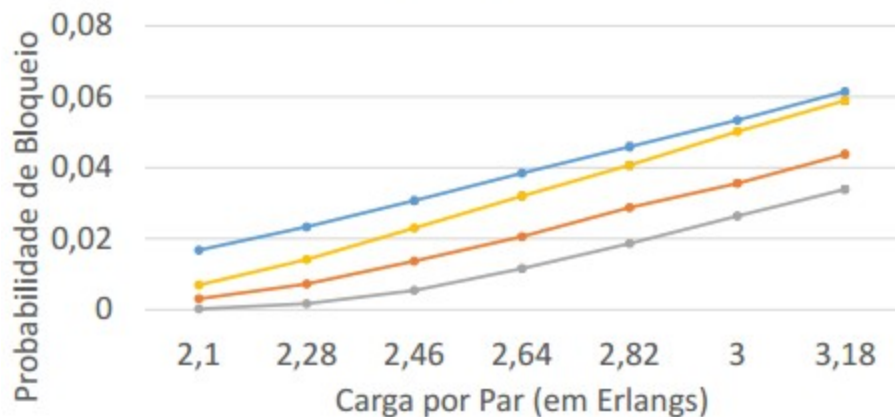
Simulações: Configurações Gerais

Configurações	
Número de Requisições	100,000
Quantidade de Replicações	10
Pontos de Carga	7
Slots por Enlace	400
Intervalo de Frequência (slot)	12.5 GHz
Largura de Banda das Requisições	10, 20, 40, 80, 160, 320 Gbps

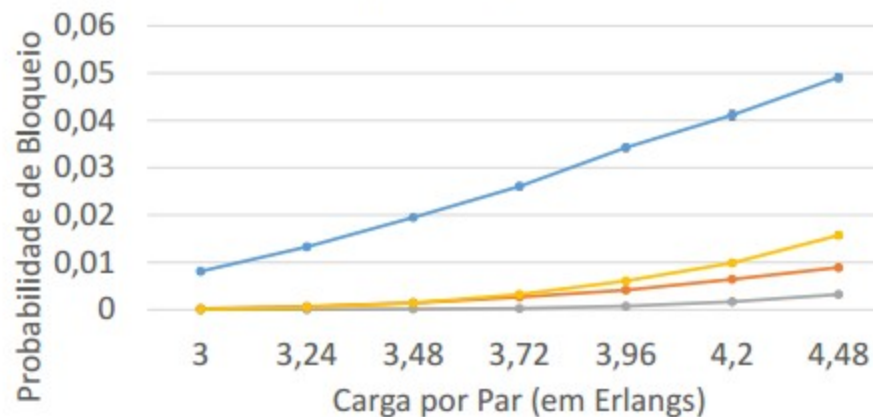


Resultados

Probabilidade de Bloqueio de Circuito
(USA)



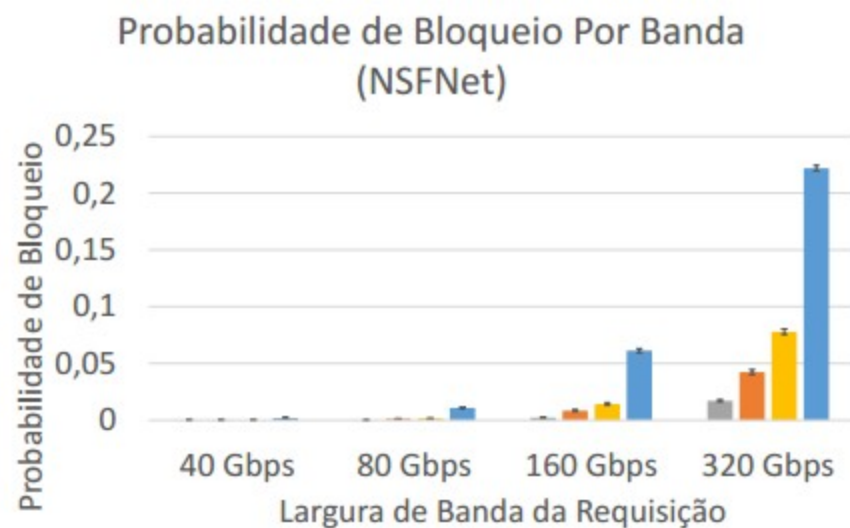
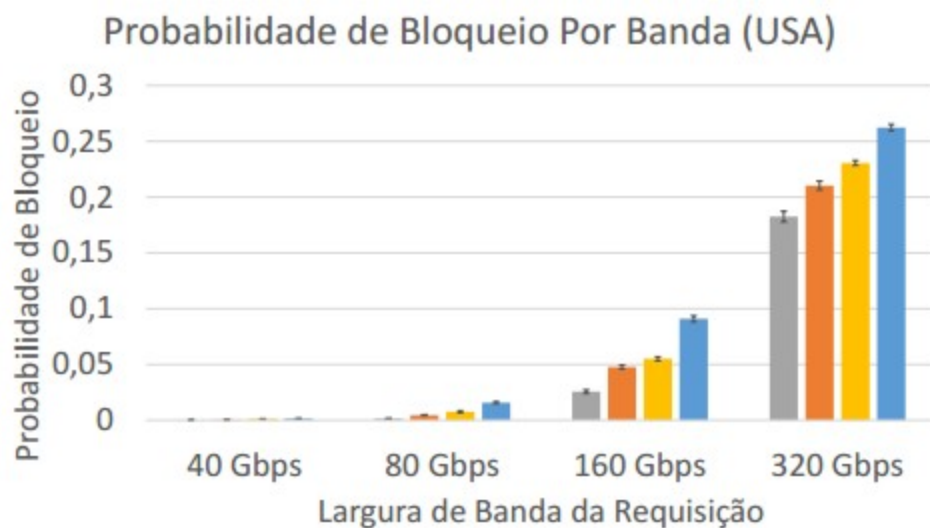
Probabilidade de Bloqueio de Circuito
(NSFNet)



 DJK  MMRDS  Fuzzy [Ribeiro 2014]  Proposta



Resultados



■ DJK ■ MMRDS ■ Fuzzy [Ribeiro 2014] ■ Proposta



Conclusões e Trabalhos Futuros

- A solução proposta consegue melhores níveis de Probabilidade de Bloqueio quando comparada a outras soluções de roteamento;
- Trabalhos em andamento:
 - Adaptação do algoritmo proposto para realizar alocação de espectro (integrado);
 - Aplicação em cenário com efeitos de camada física.



Nova Solução para o Problema de Roteamento em Redes Ópticas Elásticas Utilizando Algoritmo Ciente de Fragmentação Baseado em Sistemas Fuzzy

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

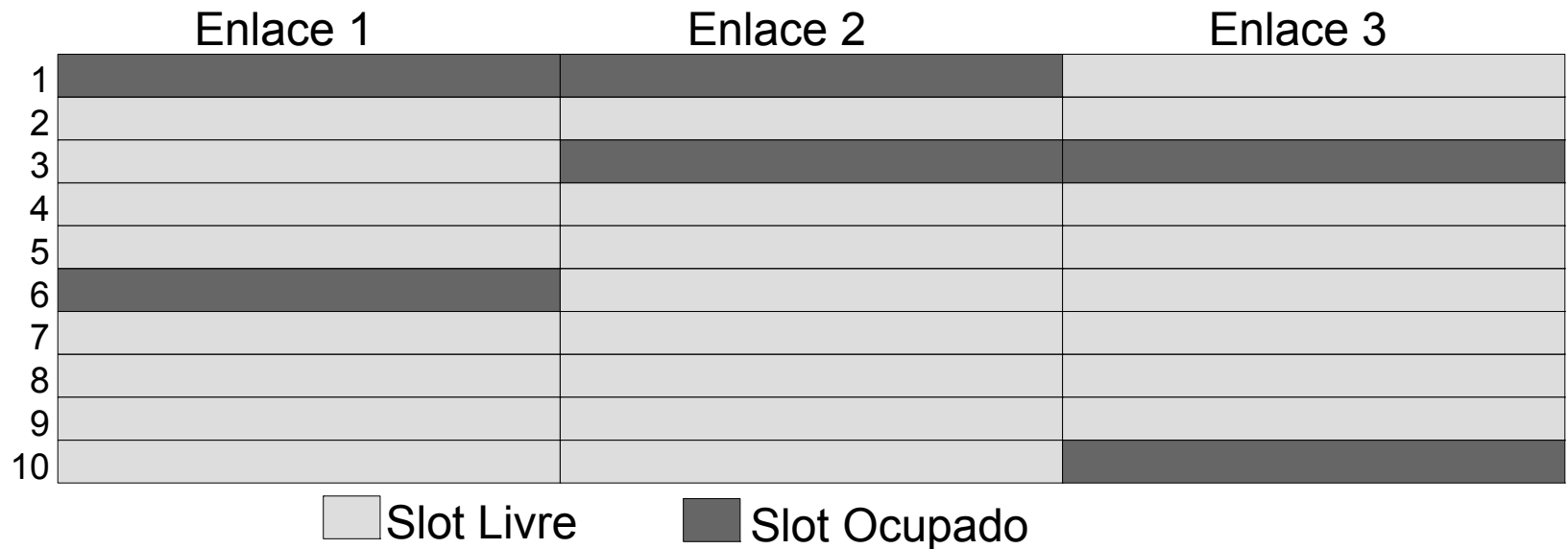
italo.barbosabrasileiro@yahoo.com.br



FAPEPI
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA
DO ESTADO DO PIAUÍ



Fragmentação Relativa



$$\begin{aligned} F(2) &= 1 - (2 \times 2)/6 \\ &= 1 - 2/3 \\ &= 1/3 \end{aligned}$$

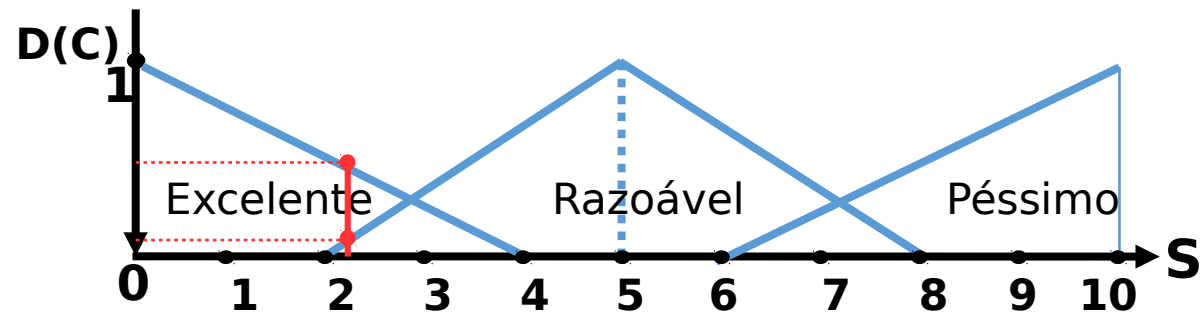


Complexidade

- Tempo de Execução do algoritmo proposto = 10 milissegundos;
- Tempo de execução dos outros algoritmos avaliados é mais baixo.



Fórmula de V



$$V = \frac{\sum_{s=0}^{10} S * D(S)}{\sum_{s=0}^{10} D(S)}$$

Ex: Excelente = 0,51; Razoável = 0,23; Péssimo = 0

$$V = \frac{(1 + 2 + 3) \times 0,51 + (3 + 4 + 5 + 6 + 7) \times 0,23 + (7 + 8 + 9 + 10) * 0}{3 * 0,51 + 5 * 0,23 + 4 * 0} = 3,287$$

