Semana de Tecnologia
FATEC Mauá

Confiabilidade em Redes Óticas

Prof. MSc. Wallace Rodrigues de Santana

Consultor Técnico Legislativo em Informática
da Câmara Municipal de São Paulo

Agenda

- Motivação
- Confiabilidade e Disponibilidade
- Falhas em equipamentos
- Medidas de Confiabilidade e Disponibilidade
- Análise da confiabilidade
- A rede KyaTera
- Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade
- Fim

Motivação

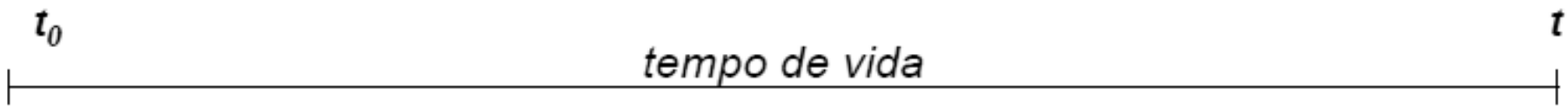
- Como avaliar os custos da confiabilidade e da disponibilidade requeridos por um usuário?
- O que é confiabilidade e quais os conceitos associados a ela?
- Como medir a confiabilidade, desde o nível de componentes até o nível de sistema?
- Como melhorar a confiabilidade, e quanto isso irá custar?

Confiabilidade e Disponibilidade

- Confiabilidade:
  - habilidade de um sistema ou equipamento exercer sua função sob uma determinada condição durante um período específico de tempo.
- Disponibilidade:
  - o quanto um sistema ou equipamento está operacional e acessível quando solicitado.

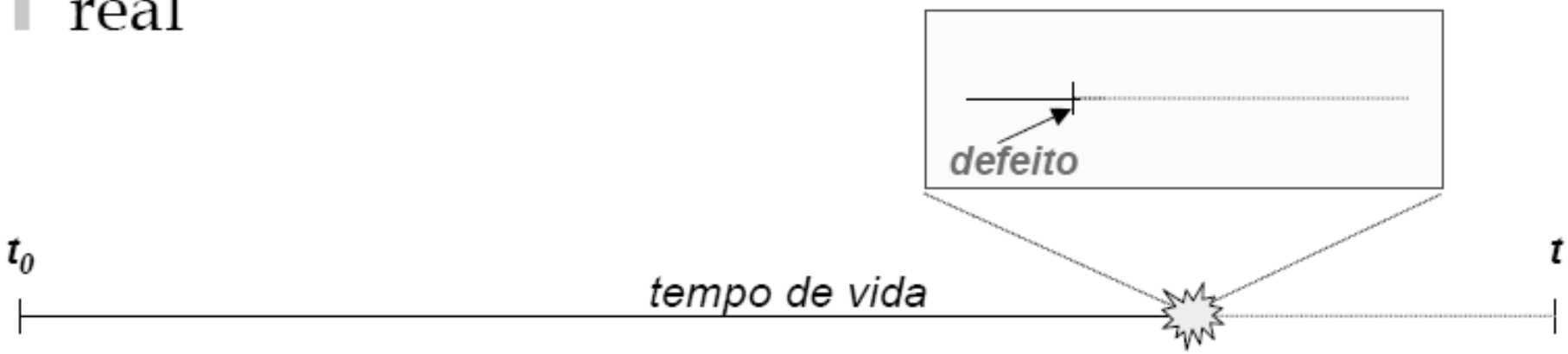
Falhas em equipamentos

- ideal

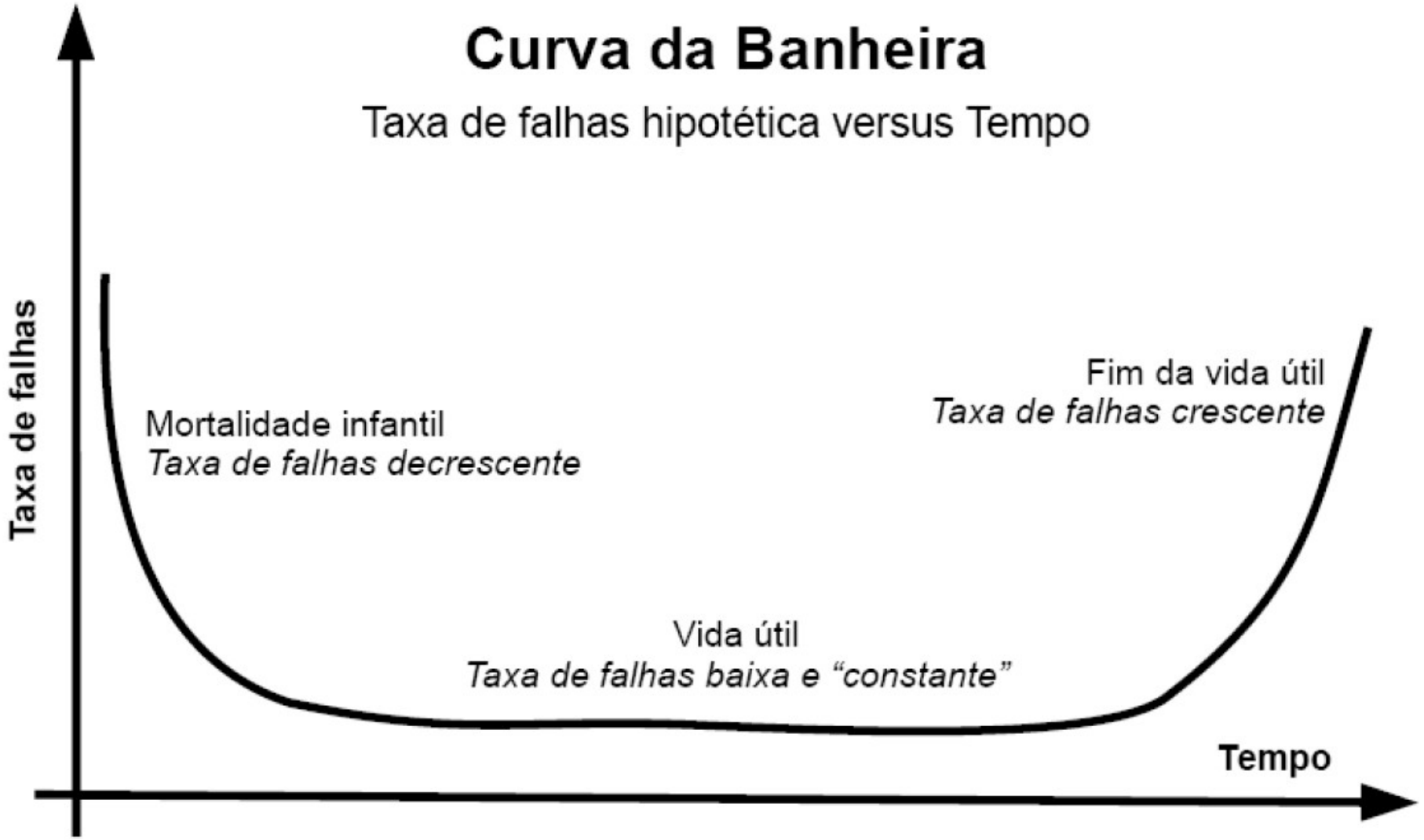


sem a ocorrência de qualquer defeito

- real



Falhas em equipamentos



FIT (Failures in Time)

Durante a vida útil do equipamento ou produto, a taxa de falhas é praticamente constante, e a unidade de medida é a quantidade de falhas por unidade de tempo. Esta unidade de medida é a FIT, ou Falhas no Tempo (*Failures in Time*), que é o número de falhas por bilhão de horas.

1 FIT = 1 falha em 10^9 horas

ou

1 FIT = 1 falha em 114 mil anos

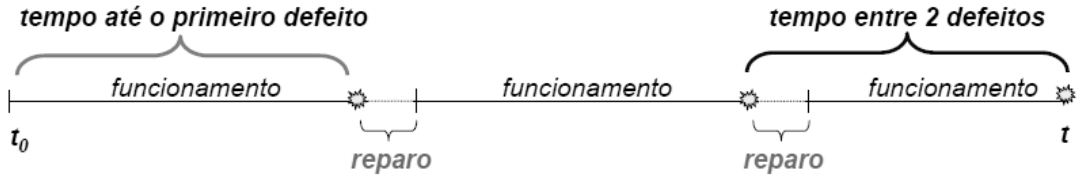
OBS.: 1 ano = 8760 horas

MTTF, MTBF e MTTR

MTTF (*Mean Time to Failure*):
- tempo para ocorrer o primeiro defeito durante a vida útil de um equipamento.

MTTR (*Mean Time to Repair*):
- tempo de reparo, que inclui o tempo necessário para a notificação da falha, do deslocamento do técnico de campo, do transporte da nova peça e do reparo em si.

MTBF (*Mean Time Between Failures*):
- o intervalo entre as falhas do equipamento.



MTBF = MTTF + MTTR

MTTF >> MTTR

MTBF ≈ MTTF

Exemplo

#	Horas	Falhas
1	1.000	-
2	1.000	-
3	467	1
4	1.000	-
5	630	1
6	590	1
7	1.000	-
8	285	1
9	648	1
10	882	1
Total	**7.502**	**6**

$$\lambda = \frac{número\ de\ falhas}{tempo\ de\ observação\ x\ tamanho\ da\ amostra}$$

$$\lambda = \frac{6}{7.502\ x\ 10} = 79.979 \text{x} 10^{-9}\ \frac{falhas}{horas}$$

$$MTTF = \frac{tempo\ de\ observação\ x\ tamanho\ da\ amostra}{número\ de\ falhas}$$

$$MTTF = \frac{7.502\ x\ 10}{6} = 12.503$$

Taxa de falhas e taxa de reparos

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \quad [taxa\ de\ falhas]$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad [taxa\ de\ reparos]$$

Confiabilidade e Disponibilidade

$$R = 1 - \frac{1}{MTTF} \quad ou \quad R = 1 - \lambda \quad [confiabilidade]$$

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad ou \quad A = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad [disponibilidade]$$

$$U = 1 - A \quad [indisponibilidade]$$

Disponibilidades típicas

Disponibilidade	Downtime
90%	36,5 dias/ano
99%	3,65 dias/ano
99,9%	8,76 horas/ano
99,99%	52 minutos/ano
99,999%	5 minutos/ano
99,9999%	31 segundos/ano

Análise da confiabilidade

- Associação em série:

$$\lambda = \lambda_a + \lambda_b + \ldots + \lambda_n$$

$$MTTF = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_a} + \frac{1}{MTTF_b} + \ldots + \frac{1}{MTTF_n}}$$

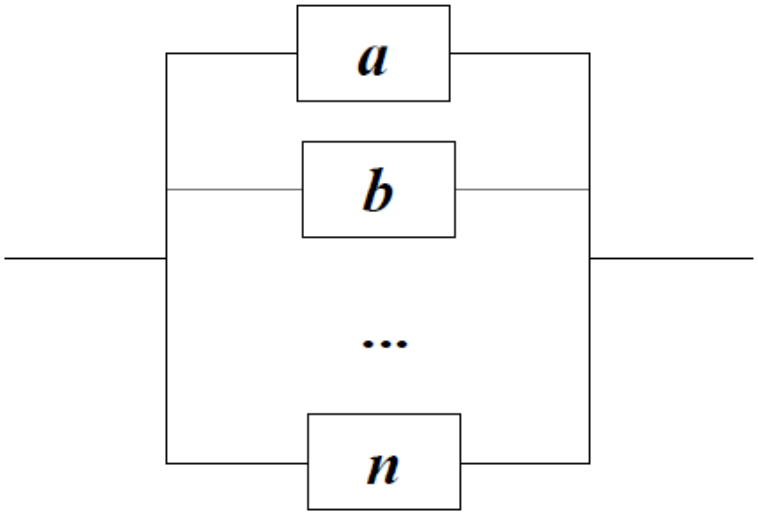
$$R = R_a \times R_b \times \ldots \times R_n$$

$$A = A_a \times A_b \times \ldots \times A_n$$

$$U = 1 - A = 1 - \left(A_a \times A_b \times \ldots \times A_n\right)$$

Análise da confiabilidade

- Associação em paralelo:



$$\lambda = \lambda_a \times \lambda_b \times \ldots \times \lambda_n$$

$$MTTF = MTTF_a \times MTTF_b \times \ldots \times MTTF_c$$

$$R = 1 - \left[(1 - R_a) \times (1 - R_b) \times \ldots \times (1 - R_n)\right]$$

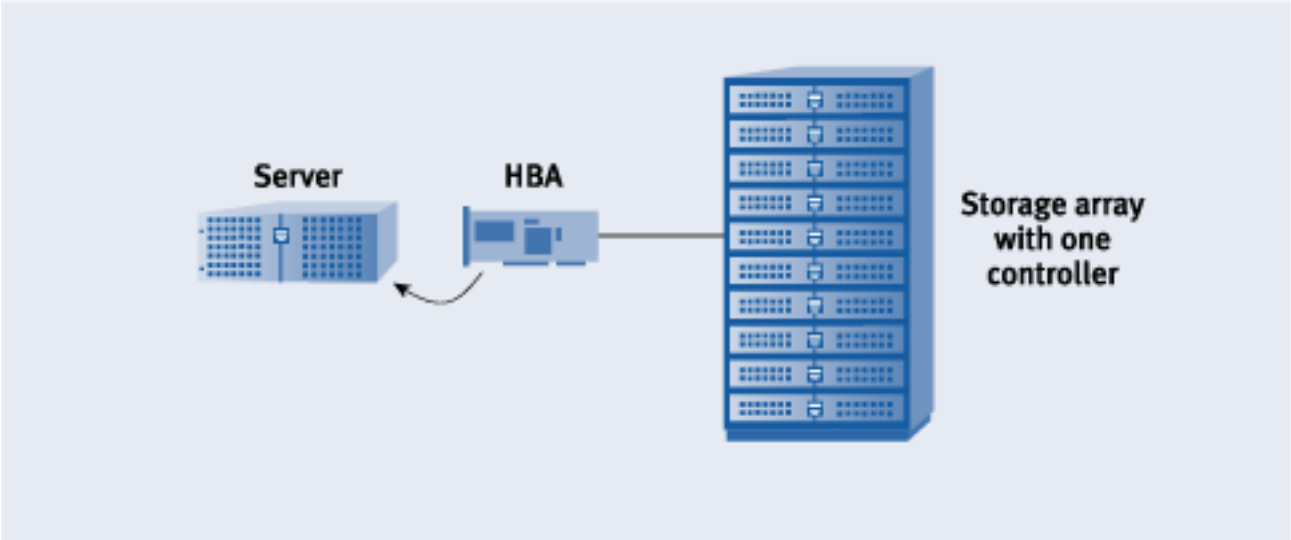
$$A = 1 - \left[(1 - A_a) \times (1 - A_b) \times \ldots \times (1 - A_n)\right]$$

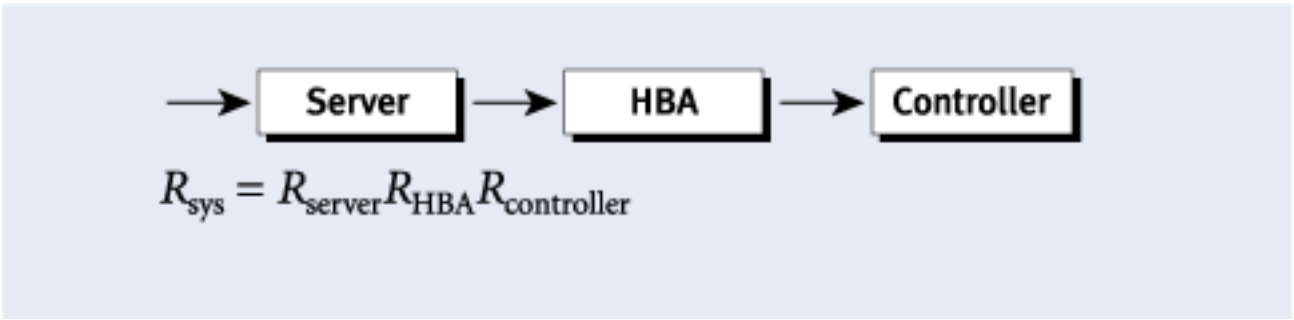
$$U = U_a \times U_b \times \ldots \times U_n$$

$$R = R_a + R_b - R_a \times R_b$$

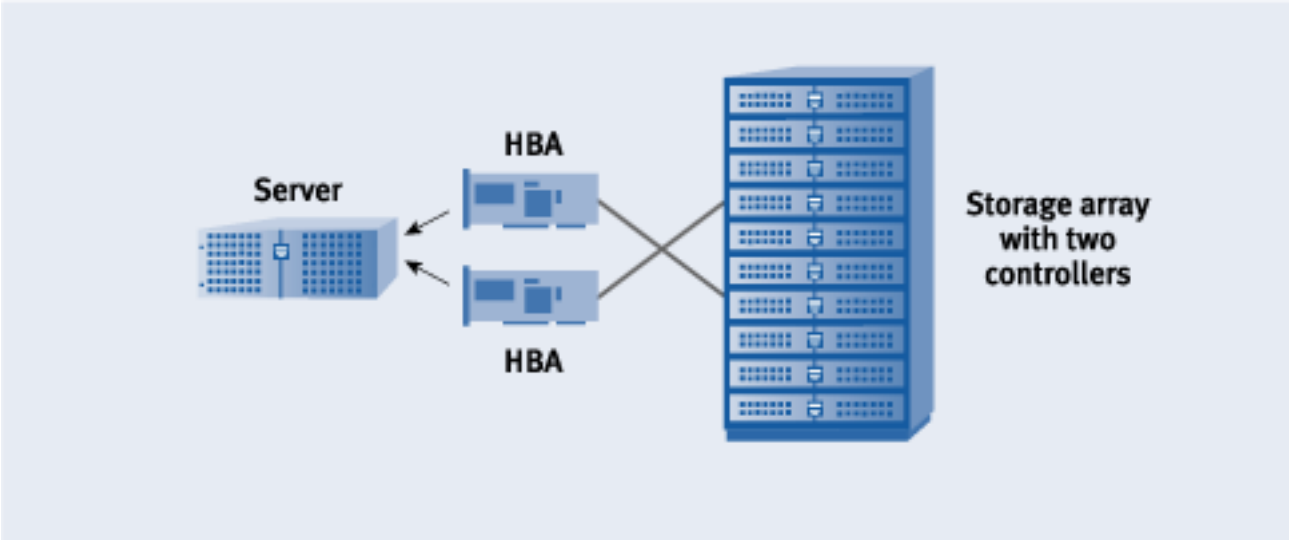
$$A = A_a + A_b - A_a \times A_b$$

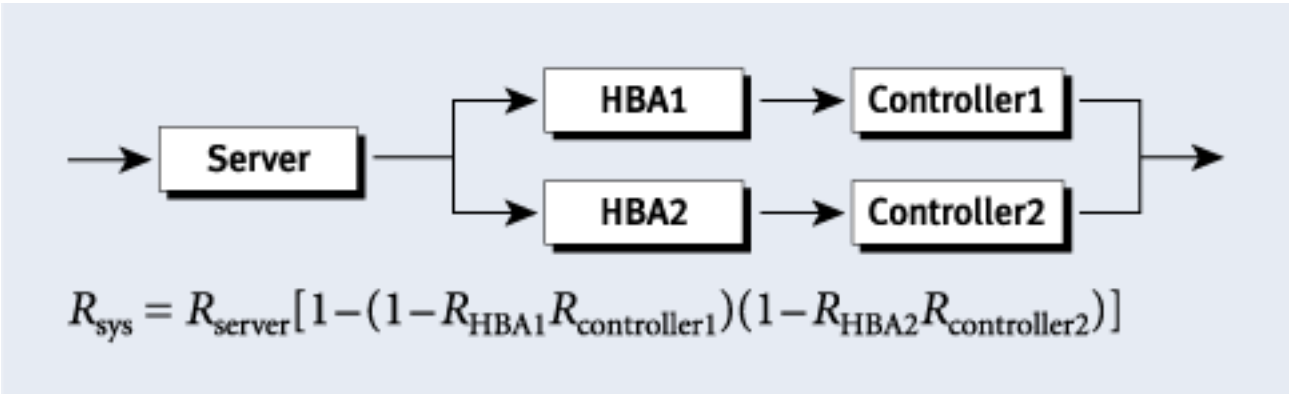
Exemplo


Server
HBA
Storage array
with one
controller


Server
HBA
Controller
$R_{sys} = R_{server} R_{HBA} R_{controller}$

Exemplo

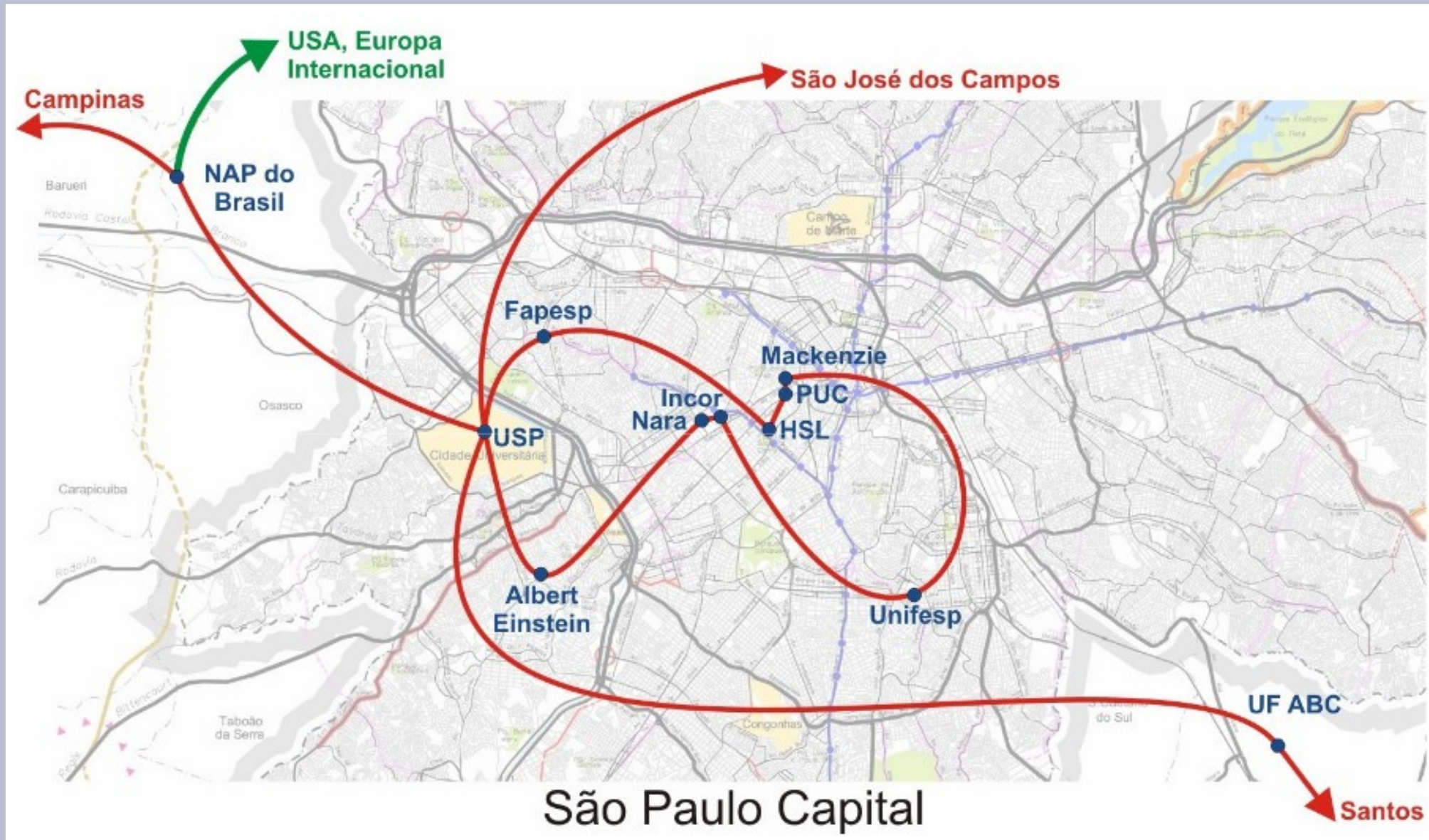




$$R_{sys} = R_{server}[1-(1-R_{HBA1}R_{controller1})(1-R_{HBA2}R_{controller2})]$$

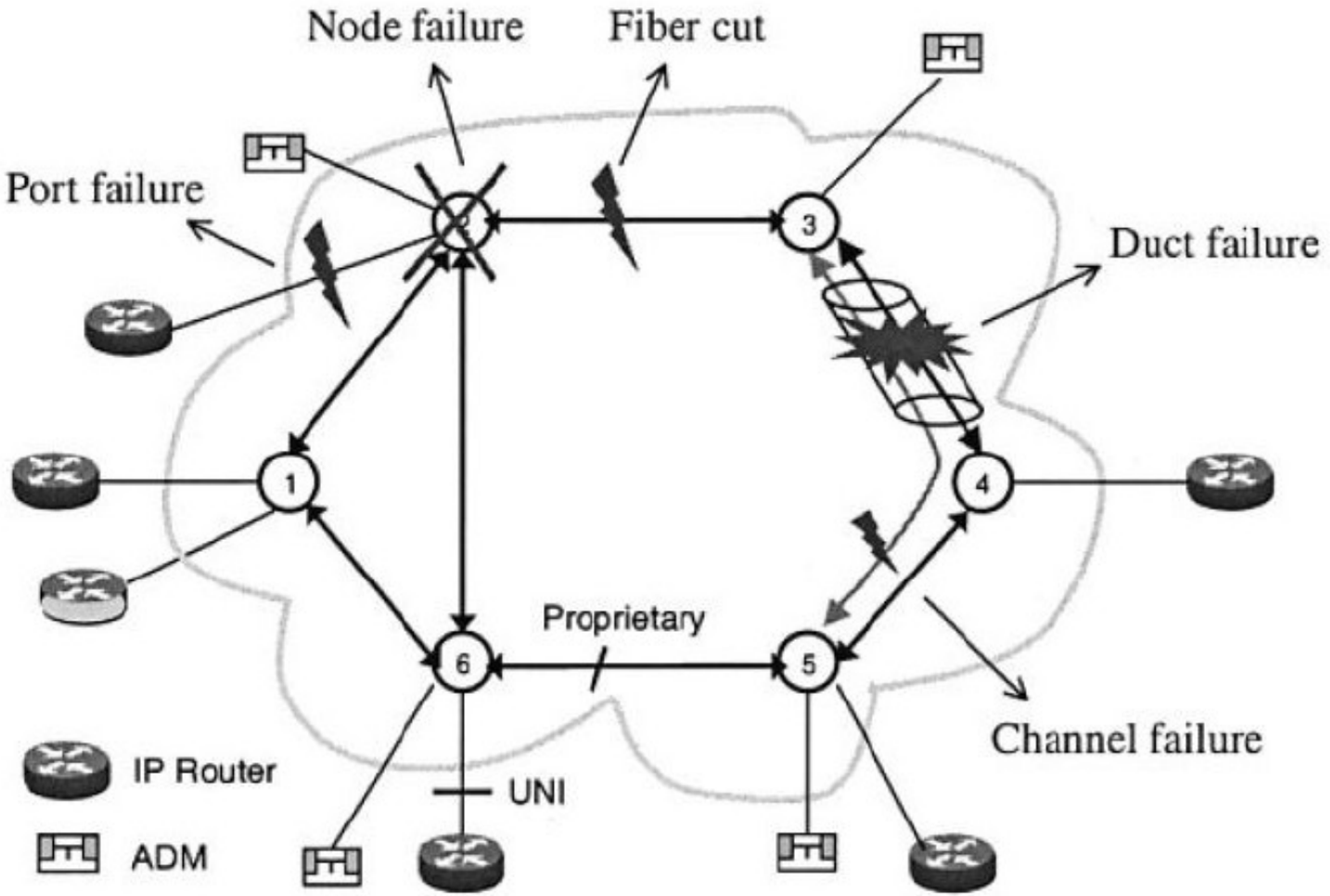
A rede KyaTera

A rede KyaTera

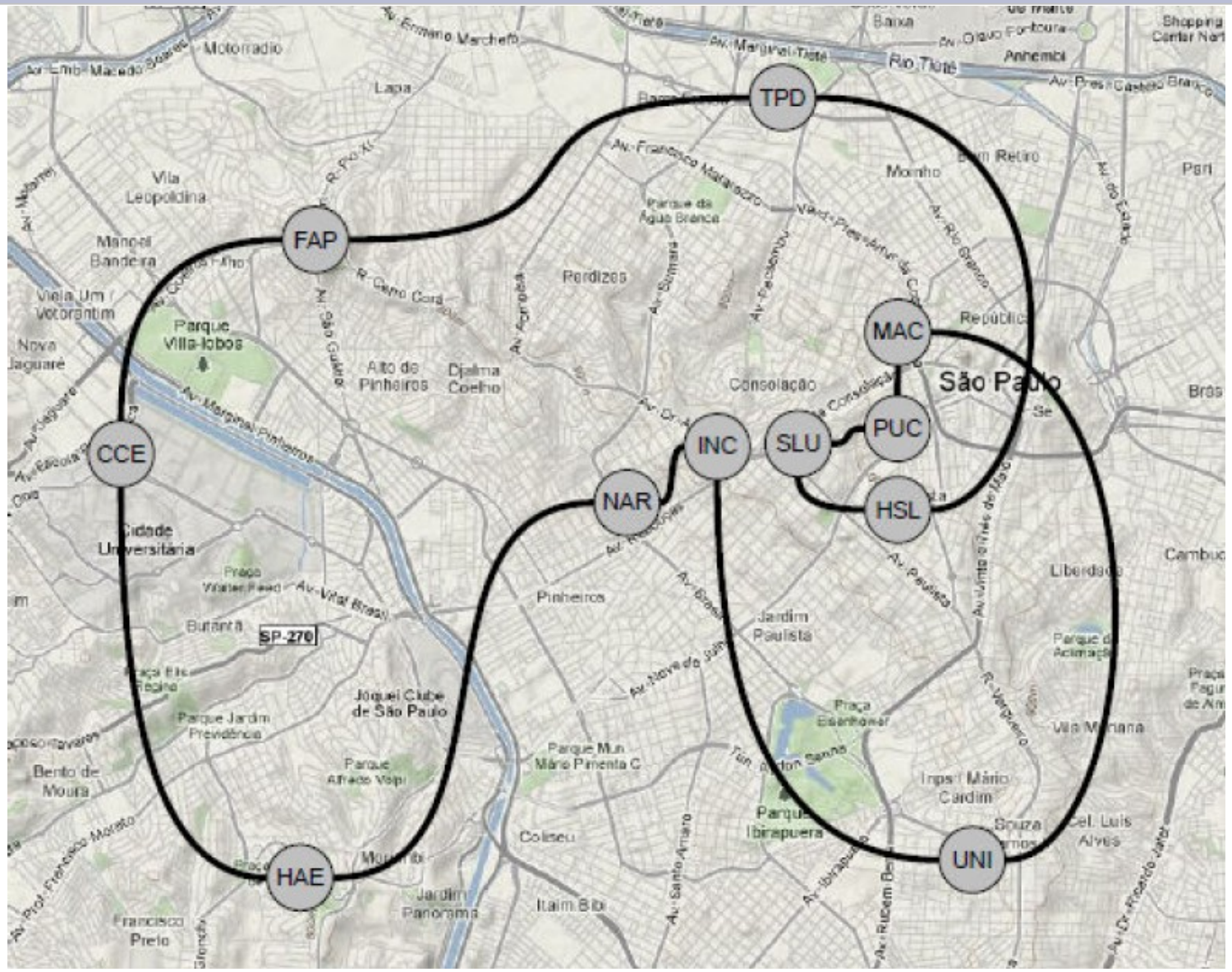


Falhas em redes óticas

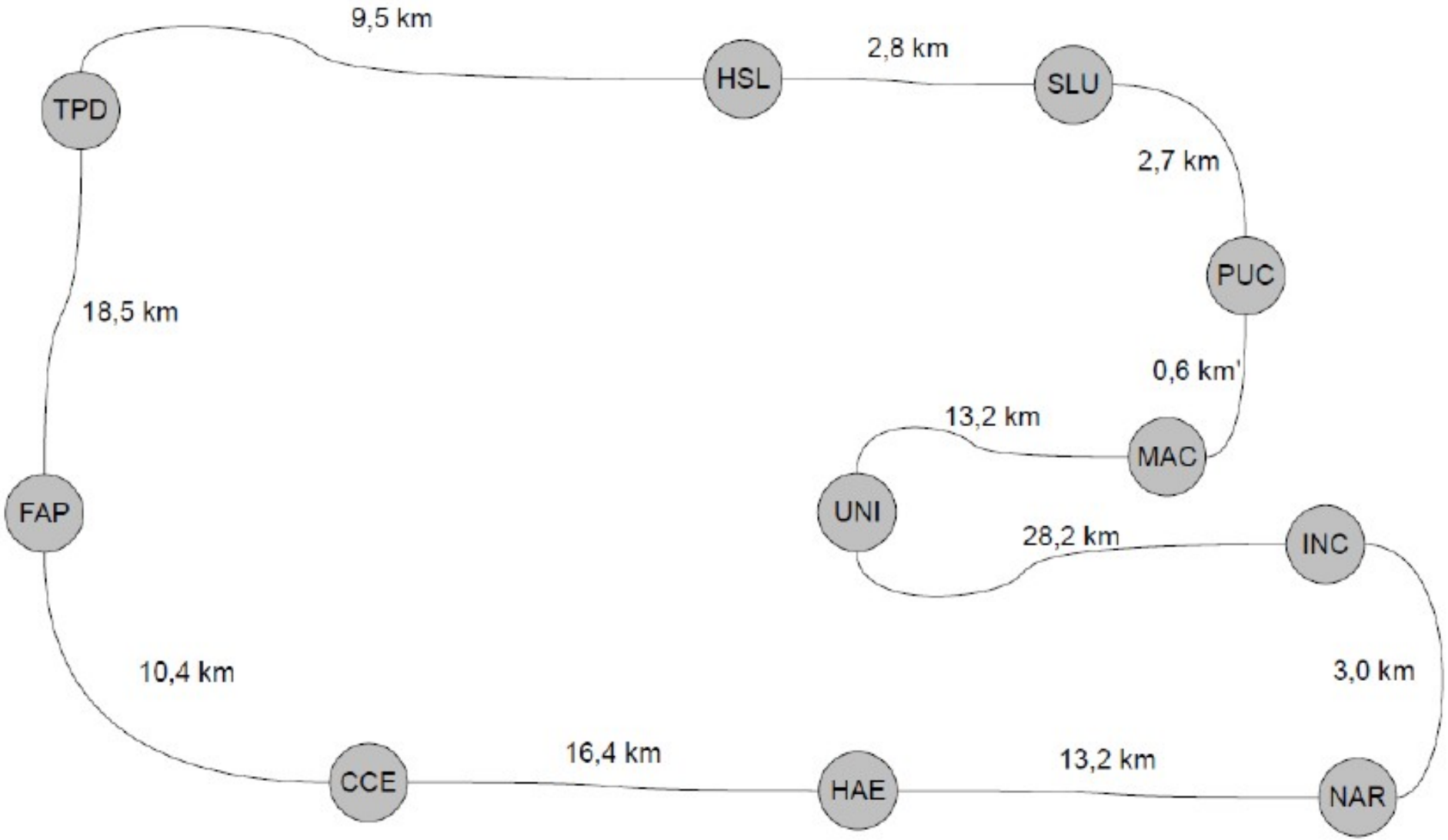
- Tipos de falhas:



Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

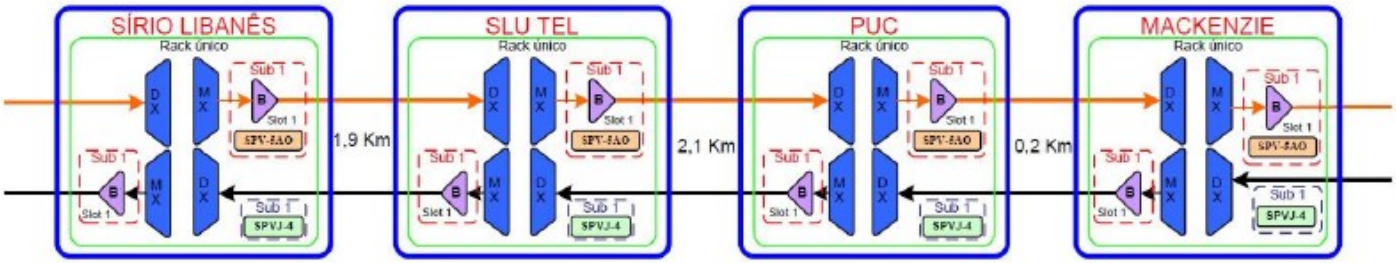


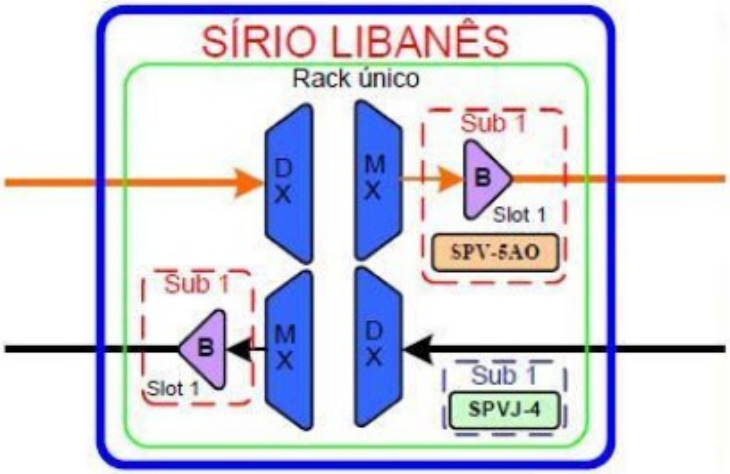
Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

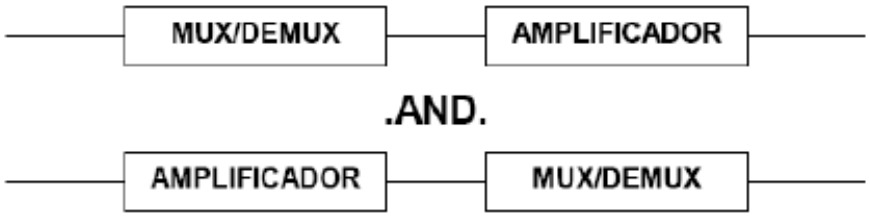


Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Confiabilidade e disponibilidade do nó







Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Confiabilidade e disponibilidade do nó

$$R_{NÓ} = R_{MUX/DEMUX}^{2} \times R_{AMPLIFICADOR}^{2}$$

$$A_{NÓ} = A_{MUX/DEMUX}^{2} \times A_{AMPLIFICADOR}^{2}$$

$$R = 1 - \frac{1}{MTTF} = 1 - \lambda$$

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

$$R_{NÓ} = (1 - \lambda_{MUX/DEMUX})^{2} \times (1 - \lambda_{AMPLIFICADOR})^{2}$$

$$A_{NÓ} = \left(\frac{\mu_{MUX/DEMUX}}{\mu_{MUX/DEMUX} + \lambda_{MUX/DEMUX}} \right)^{2} \times \left(\frac{\mu_{AMPLIFICADOR}}{\mu_{AMPLIFICADOR} + \lambda_{AMPLIFICADOR}} \right)^{2}$$

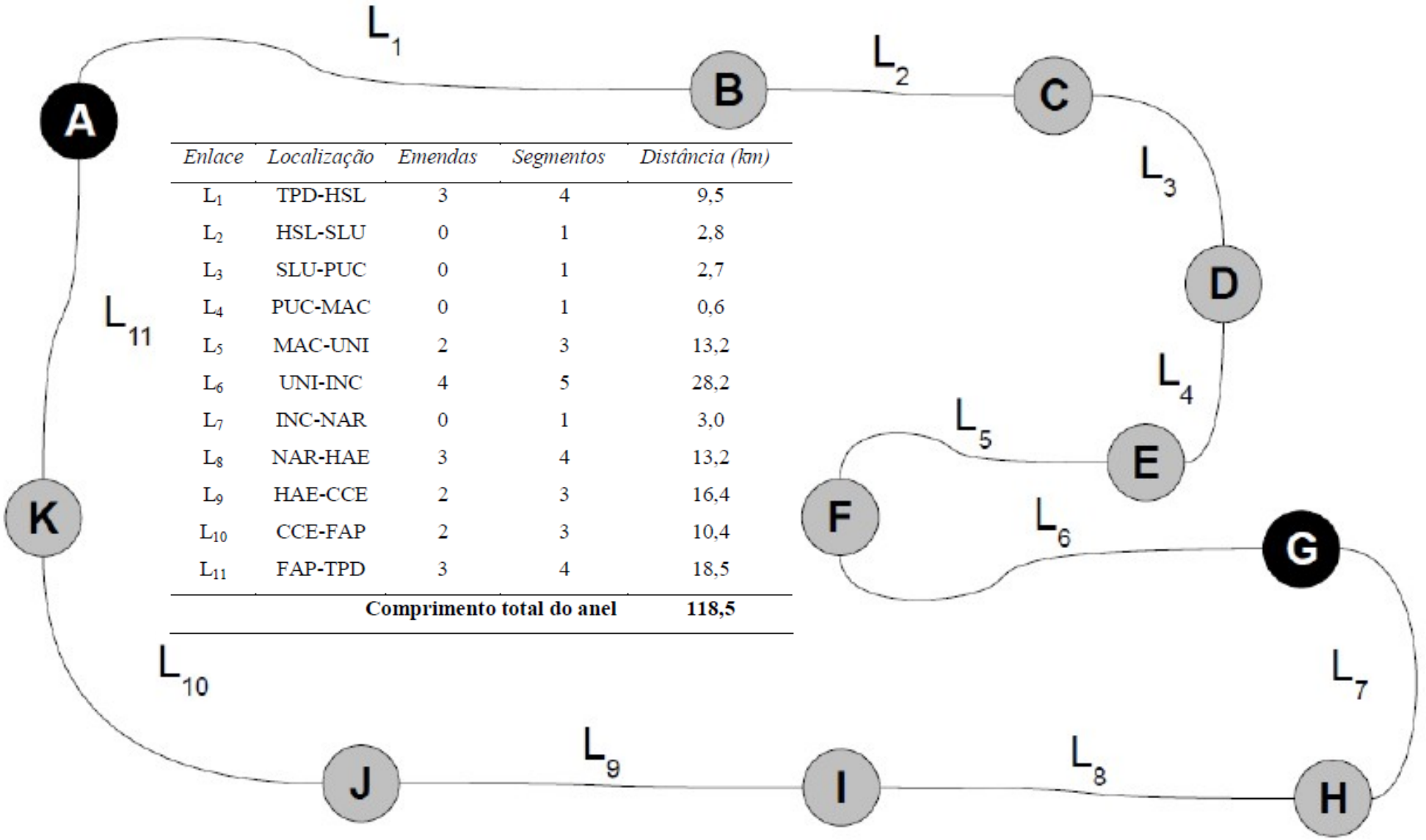
$$R_{NÓ} = 99{,}9986\%$$

$$A_{NÓ} = 99{,}9972\%$$

Equipamento	*MTTF (horas)*	*FIT*	*MTTR (horas)*
SmartOptics Mux/Demux T-3004	4.383.000	228	2
Shenzhen Greatway Technology GWA3530 Fiber Amplifier	150.000	6.667	2

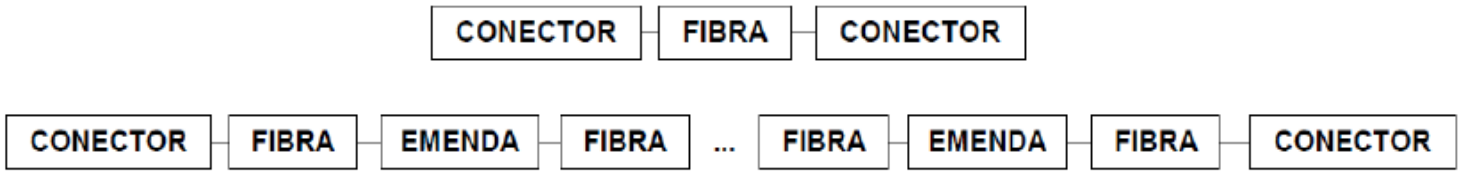
Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

Enlace	*Localização*	*Emendas*	*Segmentos*	*Distância (km)*
L_1	TPD-HSL	3	4	9,5
L_2	HSL-SLU	0	1	2,8
L_3	SLU-PUC	0	1	2,7
L_4	PUC-MAC	0	1	0,6
L_5	MAC-UNI	2	3	13,2
L_6	UNI-INC	4	5	28,2
L_7	INC-NAR	0	1	3,0
L_8	NAR-HAE	3	4	13,2
L_9	HAE-CCE	2	3	16,4
L_{10}	CCE-FAP	2	3	10,4
L_{11}	FAP-TPD	3	4	18,5
	Comprimento total do anel			**118,5**



Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Confiabilidade e disponibilidade do enlace



$$R_{ENLACE} = R_{CONECTOR}^{\ 4} \times R_{FIBRA}^{\ comprimento[km]} \times R_{EMENDA}^{\ 2(n-1)}$$

$$R_{ENLACE} = (1-\lambda_{CONECTOR})^4 \times (1-\lambda_{FIBRA})^{comprimento[km]} \times (1-\lambda_{EMENDA})^{2(n-1)}$$

$$A_{ENLACE} = A_{CONECTOR}^{\ 4} \times A_{FIBRA}^{\ comprimento[km]} \times A_{EMENDA}^{\ 2(n-1)}$$

$$A_{ENLACE} = \left(\frac{\mu_{CONECTOR}}{\mu_{CONECTOR}+\lambda_{CONECTOR}}\right)^4 \times \left(\frac{\mu_{FIBRA}}{\mu_{FIBRA}+\lambda_{FIBRA}}\right)^{comprimento[km]} \times \left(\frac{\mu_{EMENDA}}{\mu_{EMENDA}+\lambda_{EMENDA}}\right)^{2(n-1)}$$

Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

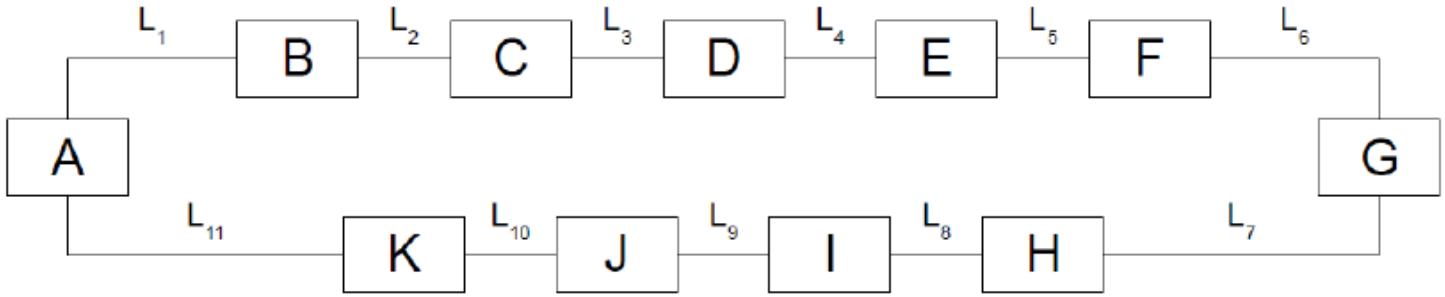
- Confiabilidade e disponibilidade do enlace

Enlace	*Localização*	*R (%)*	*A (%)*
L_1	TPD-HSL	99,7048%	93,8609%
L_2	HSL-SLU	99,9129%	98,6673%
L_3	SLU-PUC	99,9160%	98,7408%
L_4	PUC-MAC	99,9688%	100,0000%
L_5	MAC-UNI	99,5900%	91,3077%
L_6	UNI-INC	99,1262%	81,6491%
L_7	INC-NAR	99,9066%	98,5203%
L_8	NAR-HAE	99,5900%	91,3077%
L_9	HAE-CCE	99,4909%	89,1557%
L_{10}	CCE-FAP	99,6768%	93,2334%
L_{11}	FAP-TPD	99,4259%	87,7710%

Equipamento	*MTTF (horas)*	*FIT*	*MTTR (horas)*
Emendas de cabos	33.333.333	30	2
Conectores	10.000.000	100	2
Rompimento de cabos	3.214 por km	311.182 por km	12

Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Confiabilidade e disponibilidade da rede para um par de terminais



Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Confiabilidade e disponibilidade da rede para um par de terminais

$$R_{AG} = R_A \times \left(R_{L_1L_6} \parallel R_{L_7L_{11}}\right) \times R_G$$

$$R_{L_1L_6} \parallel R_{L_7L_{11}} = 1 - \left(1 - R_{L_1L_6}\right) \times \left(1 - R_{L_7L_{11}}\right)$$

$$R_{L_1L_6} \parallel R_{L_7L_{11}} = R_{L_1L_6} + R_{L_7L_{11}} - R_{L_1L_6} \times R_{L_7L_{11}}$$

$$R_{L_1L_6} = R_{L_1} \times R_B \times R_{L_2} \times R_C \times R_{L_3} \times R_D \times R_{L_4} \times R_E \times R_{L_5} \times R_F \times R_{L_6}$$

$$R_{L_7L_{11}} = R_{L_7} \times R_H \times R_{L_8} \times R_I \times R_{L_9} \times R_J \times R_{L_{10}} \times R_K \times R_{L_{11}}$$

Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Confiabilidade e disponibilidade da rede para um par de terminais

$$R_{L_1L_6} = 98{,}2226\% \; e \; A_{L_1L_6} = 68{,}1638\%$$

$$R_{L_7L_{11}} = 98{,}0987\% \; e \; A_{L_7L_{11}} = 65{,}6231\%$$

$$R_{L_1L_6} \parallel R_{L_7L_{11}} = 99{,}9662\% \; e \; A_{L_1L_6} \parallel A_{L_7L_{11}} = 89{,}0557\%$$

$$R_{AG} = 99{,}9634\% \; e \; A_{AG} = 89{,}0508\%$$

Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Matriz calculada de confiabilidade

NÓS	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	99,9873%	99,9847%	99,9823%	99,9814%	99,9721%	99,9634%	99,9634%	99,9653%	99,9724%	99,9795%
B	-	99,9941%	99,9912%	99,9902%	99,9785%	99,9647%	99,9641%	99,9636%	99,9677%	99,9729%
C		-	99,9942%	99,9931%	99,9807%	99,9654%	99,9646%	99,9634%	99,9666%	99,9713%
D			-	99,9961%	99,9830%	99,9662%	99,9653%	99,9634%	99,9657%	99,9698%
E				-	99,9839%	99,9666%	99,9656%	99,9634%	99,9654%	99,9693%
F					-	99,9728%	99,9711%	99,9656%	99,9634%	99,9647%
G						-	99,9939%	99,9813%	99,9703%	99,9660%
H							-	99,9839%	99,9720%	99,9670%
I								-	99,9812%	99,9736%
J									-	99,9865%

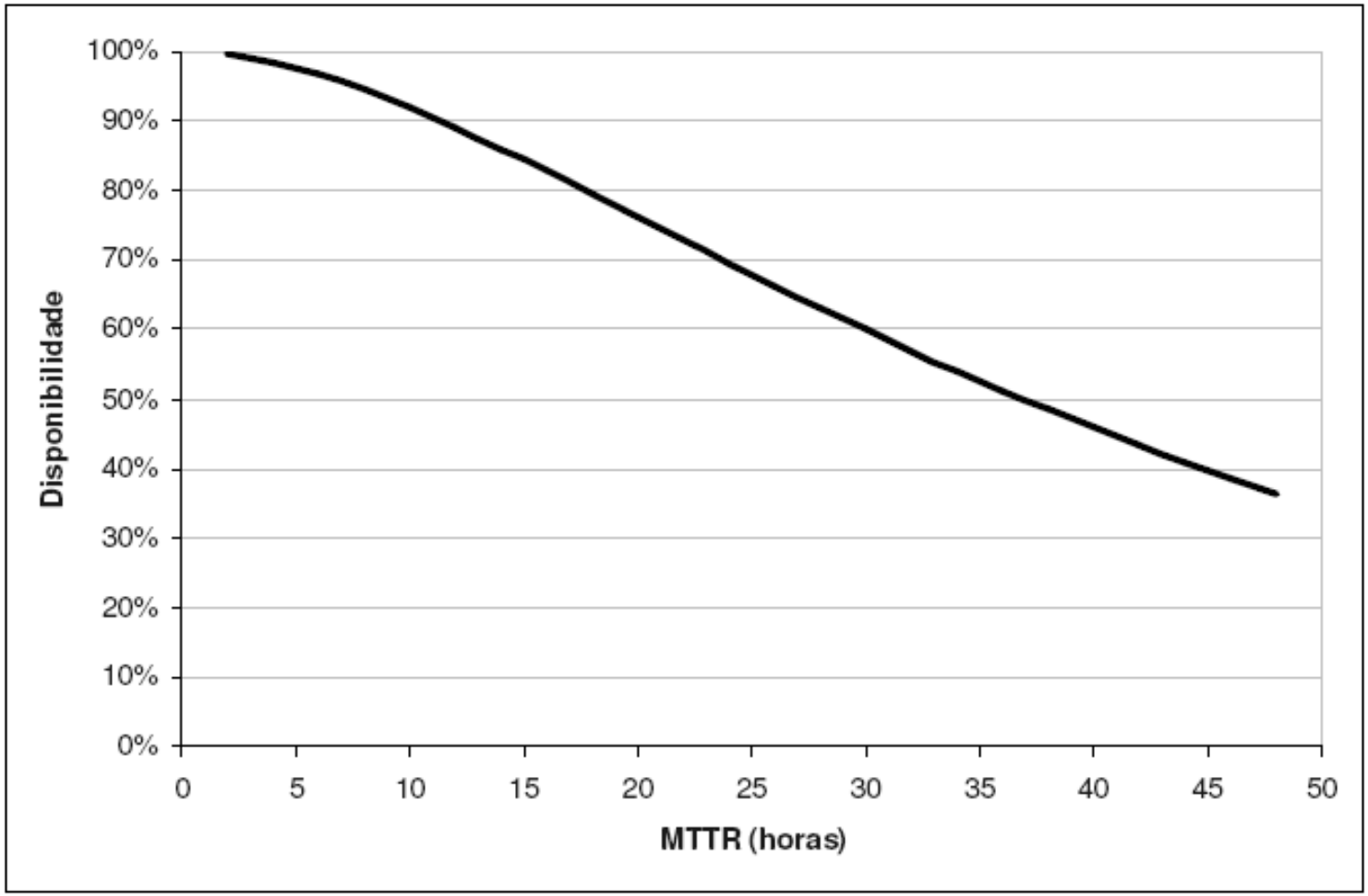
Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Matriz calculada de disponibilidade

NÓS	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	96,7813%	96,1729%	95,6216%	95,6204%	92,3290%	89,0508%	89,0278%	89,5321%	91,7572%	93,9981%
B	-	99,2660%	98,6003%	98,5989%	94,5012%	89,4807%	89,3310%	89,0637%	90,3085%	91,9425%
C		-	99,3058%	99,3043%	95,0335%	89,6412%	89,4644%	89,0334%	90,0711%	91,5773%
D			-	99,9945%	95,5596%	89,8150%	89,6128%	89,0271%	89,8693%	91,2550%
E				-	95,5608%	89,8154%	89,6132%	89,0271%	89,8689%	91,2543%
F					-	91,6975%	91,3115%	89,6132%	89,0567%	89,5844%
G						-	99,1867%	94,9444%	91,2374%	89,8586%
H							-	95,5608%	91,6173%	90,0967%
I								-	94,5913%	92,1991%
J									-	96,4745%

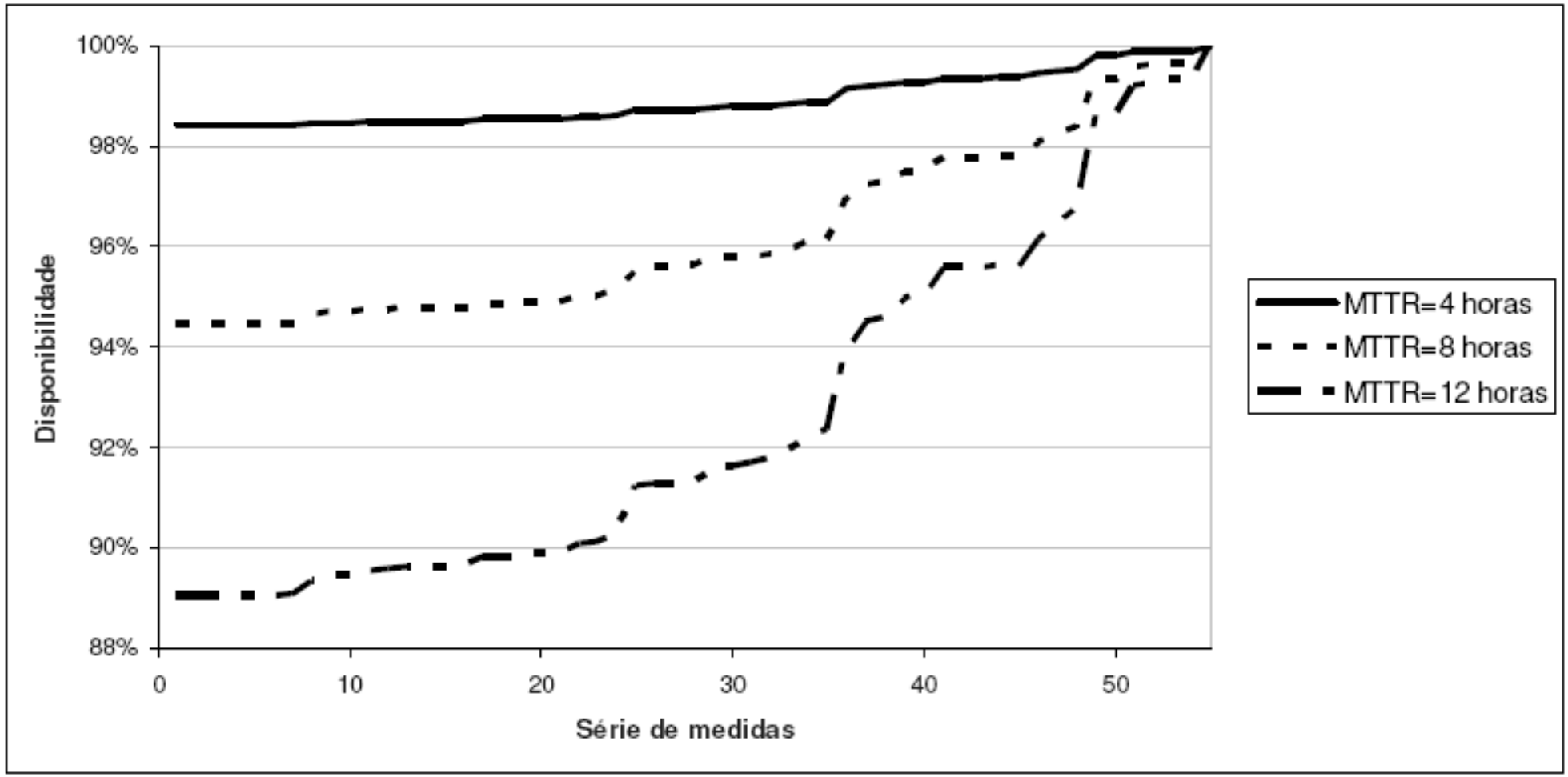
Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Impacto do MTTR na disponibilidade



Modelando e avaliando a confiabilidade e disponibilidade

- Impacto do MTTR na disponibilidade



FIM