

Universidade do Estado do Amazonas - UEA

Modelagem e Simulação de Sistemas

Rodrigo Choji de Freitas

E-mail: rchoji@yahoo.com.br
rcfreita@gmail.com

Variabilidade dos Sistemas

- Uso da média (tendência central) pode mascarar os resultados
- Diferença entre valor máximo e valor mínimo pode ser muito grande

Variabilidade dos Sistemas

13,6	27,9	1,1	12,3	9,7	12,7	15,3	4,1	13,5	0,7
10,8	29,5	5,8	9,9	6,1	5,5	7,7	17,4	7,7	26,4
15,9	5,9	11,6	2,7	2,9	1,7	4,6	35,5	15,8	17,5
0,6	4,0	18,1	21,8	3,8	14,6	12,9	8,5	0,4	2,5
33,1	39,8	6,4	1,8	8,3	11,9	4,4	16,2	6,8	0,3
18,0	12,1	16,5	8,5	12,5	1,4	5,6	8,2	0,9	17,9
10,9	24,4	1,02	28,1	2,0	42,7	29,9	4,9	3,1	8,1
0,4	10,4	8,1	2,74	13,0	0,7	4,8	2,8	4,3	3,4
28,5	28,4	3,02	15,5	17,3	1,6	17,7	1,2	13,4	14,1
14,9	4,3	1,6	0,6	6,9	22,6	10,2	7,3	3,8	10,4

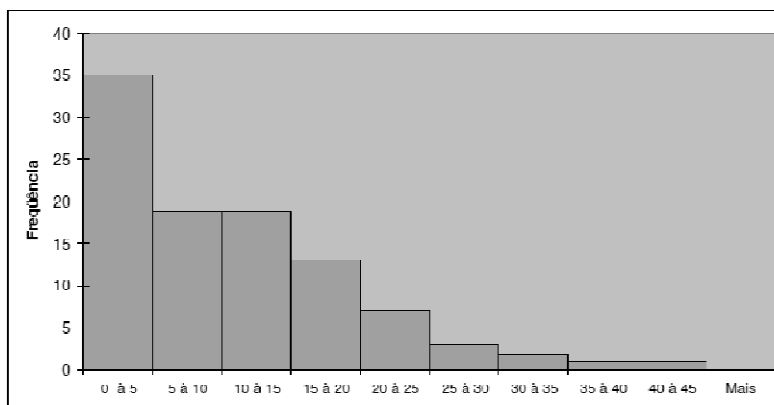
Dados brutos dos tempos entre chegadas de 100
automóveis (minutos)

Distribuição de frequências dos TEC

Classes	Observações
0 → 5	35
5 → 10	19
10 → 15	19
15 → 20	13
20 → 25	3
25 → 30	7
30 → 35	1
35 → 40	2
40 → 45	1
Mais de 45	0

Distribuição de frequências das observações efetuadas para
os tempos entre chegadas

Distribuição de frequências dos TEC



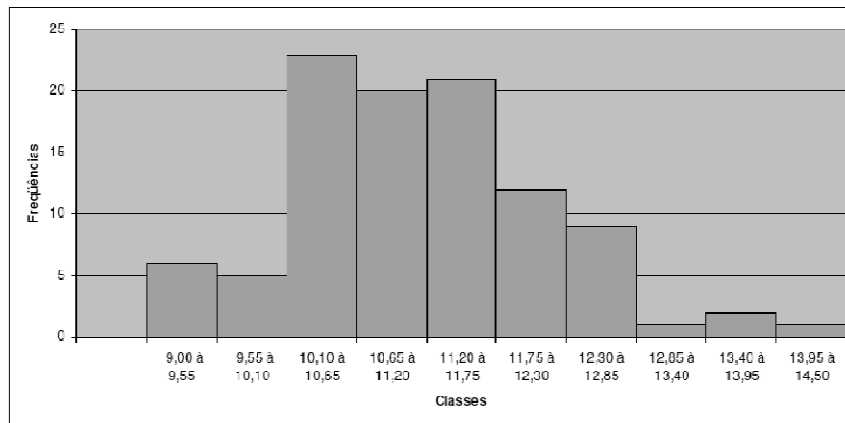
Histograma das observações efetuadas para os tempos entre chegadas

Distribuição de frequências dos TS

Classes	Observações
9,00 → 9,55	6
9,55 → 10,10	5
10,10 → 10,65	23
10,65 → 11,20	20
11,20 → 11,75	21
11,75 → 12,30	12
12,30 → 12,85	9
12,85 → 13,40	1
13,40 → 13,95	2
13,95 → 14,50	1

Distribuição de frequências das observações efetuadas para os tempos de serviço

Distribuição de frequências dos TS



Histograma das observações efetuadas para os tempos de serviço

Como realizar o sorteio

- Procedimento sistemático semelhante ao das rifas ou loterias. Desta forma, a seguinte estratégia é adotada:
 1. Um total de 100 bilhetes, são confeccionados e colocados numa urna;
 2. Cada número representa o ponto médio da classe a qual pertence.
 3. Um bilhete representante da classe que inicia em 10 e termina em 15, deve estar marcado com o número 12,5 (min.).


Como realizar o sorteio

- Procedimento sistemático semelhante ao das rifas ou loterias. Desta forma, a seguinte estratégia é adotada:
 4. As diversas classes devem concorrer com um número de bilhetes equivalentes aos percentuais de participação na amostra levantada.
 5. Por exemplo: Classe de 0 a 5, deve concorrer com 35 bilhetes do total de 100 bilhetes. O valor 2,5 (min.) estará anotado em cada um deles.

Tabela de simulação

Cliente	Tempo desde a última chegada (minutos)	Tempo de chegada no relógio	Tempo do Serviço (minutos)	Tempo de início do serviço no relógio	Tempo do cliente na fila (minutos)	Tempo final do serviço no relógio	Tempo do cliente no sistema (minutos)
1	17,5	17,5	11,5	17,5	0,0	29,0	11,5
2	7,5	25,0	12,6	29,0	4,0	41,6	16,6
3	12,5	37,5	12,0	41,6	4,1	53,6	16,1
4	2,5	40,0	11,5	53,6	13,6	65,1	25,1
5	2,5	42,5	12,0	65,1	22,6	77,1	34,6
6	2,5	45,0	10,4	77,1	32,1	87,5	42,5
7	2,5	47,5	11,5	87,5	40,0	99,0	51,5
8	37,5	85,0	13,1	99,0	14,0	112,1	27,1
9	17,5	102,5	10,4	112,1	9,6	122,5	20,0
10	17,5	120,0	11,5	122,5	2,5	134,0	14,0
11	32,5	152,5	11,5	152,5	0,0	164,0	11,5
12	37,5	190,0	9,8	190,0	0,0	199,8	9,8
13	7,5	197,5	10,9	199,8	2,3	210,7	13,2
14	12,5	210,0	11,5	210,7	0,7	222,2	12,2
15	12,5	222,5	10,4	222,5	0,0	232,9	10,4
			170,6		145,5		316,1

Tabela de simulação



Cliente	Tempo desde a última chegada (minutos)
1	17,5
2	7,5
3	12,5
4	2,5
5	2,5
6	2,5
7	2,5
8	37,5
9	17,5
10	17,5
11	32,5
12	37,5
13	7,5
14	12,5
15	12,5


- Maior ocorrência das classes mais densas

$$- 0 \rightarrow 5 = 2,5 \text{ (35x)}$$

$$- 5 \rightarrow 10 = 7,5 \text{ (19x)}$$

$$- 10 \rightarrow 15 = 12,5 \text{ (19x)}$$

Tabela de simulação



Cliente	Tempo desde a última chegada (minutos)	Tempo de chegada no relógio
1	17,5	17,5
2	7,5	25,0
3	12,5	37,5
4	2,5	40,0
5	2,5	42,5
6	2,5	45,0
7	2,5	47,5
8	37,5	85,0
9	17,5	102,5
10	17,5	120,0
11	32,5	152,5
12	37,5	190,0
13	7,5	197,5
14	12,5	210,0
15	12,5	222,5

- Tempo de chegada no relógio =
Tempo de chegada no relógio atual +
Tempo de chegada do carro

• Ex.: $TCR(\text{carro9}) = 85 + 17,5 = 102,5$

Tabela de simulação



Cliente	Tempo do Serviço (minutos)	Tempo de início do serviço no relógio
1	11,5	17,5
2	12,6	29,0
3	12,0	41,6
4	11,5	53,6
5	12,0	65,1
6	10,4	77,1
7	11,5	87,5
8	13,1	99,0
9	10,4	112,1
10	11,5	122,5
11	11,5	152,5
12	9,8	190,0
13	10,9	199,8
14	11,5	210,7
15	10,4	222,5
	170,6	

• Tempo de início do serviço no relógio = Tempo de início do serviço no relógio do carro anterior + Tempo de serviço do carro anterior

• Ex.: $TIS(carro9) = 99 + 13,1 = 112,1$

Tabela de simulação



Cliente	Tempo de chegada no relógio	Tempo de início do serviço no relógio	Tempo do cliente na fila (minutos)
1	17,5	17,5	0,0
2	25,0	29,0	4,0
3	37,5	41,6	4,1
4	40,0	53,6	13,6
5	42,5	65,1	22,6
6	45,0	77,1	32,1
7	47,5	87,5	40,0
8	85,0	99,0	14,0
9	102,5	112,1	9,6
10	120,0	122,5	2,5
11	152,5	152,5	0,0
12	190,0	190,0	0,0
13	197,5	199,8	2,3
14	210,0	210,7	0,7
15	222,5	222,5	0,0
			145,5

• Tempo do cliente na fila = Tempo de início do serviço no relógio - Tempo de chegada no relógio

• Ex.: $TCF(carro9) = 112,1 - 102,5 = 9,6$

Tabela de simulação



Cliente	Tempo do Serviço (minutos)	Tempo de início do serviço no relógio	Tempo final do serviço no relógio
1	11,5	17,5	29,0
2	12,6	29,0	41,6
3	12,0	41,6	53,6
4	11,5	53,6	65,1
5	12,0	65,1	77,1
6	10,4	77,1	87,5
7	11,5	87,5	99,0
8	13,1	99,0	112,1
9	10,4	112,1	122,5
10	11,5	122,5	134,0
11	11,5	152,5	164,0
12	9,8	190,0	199,8
13	10,9	199,8	210,7
14	11,5	210,7	222,2
15	10,4	222,5	232,9
	170,6		

• Tempo final do serviço =
Tempo do serviço +
Tempo de início do serviço no relógio

• Ex.: $TFS(carro9) = 10,4 + 112,1 = 122,5$

Tabela de simulação



Cliente	Tempo do Serviço (minutos)	Tempo do cliente na fila (minutos)	Tempo do cliente no sistema (minutos)
1	11,5	0,0	11,5
2	12,6	4,0	16,6
3	12,0	4,1	16,1
4	11,5	13,6	25,1
5	12,0	22,6	34,6
6	10,4	32,1	42,5
7	11,5	40,0	51,5
8	13,1	14,0	27,1
9	10,4	9,6	20,0
10	11,5	2,5	14,0
11	11,5	0,0	11,5
12	9,8	0,0	9,8
13	10,9	2,3	13,2
14	11,5	0,7	12,2
15	10,4	0,0	10,4
	170,6	145,5	316,1

• Tempo do cliente no sistema =
Tempo do serviço +
Tempo do cliente na fila

• Ex.: $TCS(carro9) = 10,4 + 9,6 = 20$