



Projeto de Armazéns e Modelos de Armazenamento

Ricardo A. Cassel



Projeto de Armazéns Modelos de armazenamento

- Armazenamento dedicado
- Armazenamento randômico
- Armazenamento dedicado baseado em classes



Modelos de Armazenamento Armazenamento dedicado

- ❑ O armazenamento dedicado é utilizado quando uma unidade mantida em estoque (SKU) é designada para um local específico, ocupando um local fixo dentro do sistema de armazenagem.
- ❑ Fixed slot storage – um dado espaço no estoque é dedicado para um dado produto.



Modelos de Armazenamento Armazenamento dedicado

Normalmente existem duas variações em um estoque dedicado

- ❑ os espaços de estoque são dedicados para cada tipo de peças (*part numbers*). A localização do estoque é baseada somente no *part number*.
- ❑ incorpora considerações relacionadas aos requisitos entre os produtos a serem estocados. Os espaços no estoque são dedicados a uma seqüência de *part numbers*.



Modelos de Armazenamento
Armazenamento dedicado
Necessidade de espaço

- No armazenamento dedicado os produtos tem espaços específicos no estoque.
- Qual o número de locais de armazenamento para um determinado produto deve satisfazer a necessidade de armazenamento em um estoque dedicado?***
 1. **Baseado na necessidade máxima de espaço de estoque**
 2. **Baseado no nível de serviço desejado**



Modelos de Armazenamento
Armazenamento dedicado
Necessidade de espaço

Baseado na necessidade máxima de espaço de estoque

Exemplo: Considere um depósito que estoca 4 produtos. O produto 1 é repostado nos dias 1, 5, 9,...; o produto 2 nos dias 3, 11, 19,...; o produto 3 nos dias 2, 8, 14, e o produto 4 nos dias 6, 18, 30,....

- Qual é a necessidade máxima de espaço para esta configuração?**



Modelos de Armazenamento

Armazenamento dedicado

Necessidade de espaço

Baseado na necessidade máxima de espaço de estoque

	Demanda diária (pallets)	Reabastecimento (pallets)	Reposição (período T)	Entre entregas
Produto 1	2	8	1,5,9,13,17...	4t
Produto 2	5	40	3,11,19...	8t
Produto 3	2	12	2,8,14,20...	6t
Produto 4	1	12	6,18,30...	12t

Período	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4	Total Demandado
1	8	10	2	5	25
2	6	5	12	4	27
3	4	40	10	3	57
4	2	35	8	2	47
5	8	30	6	1	45
6	6	25	4	12	47
7	4	20	3	11	38
8	2	15	12	10	39
9	8	10	10	9	37
10	6	5	8	8	27
11	4	40	6	7	57
12	2	35	4	6	47
13	8	30	2	5	45
14	6	25	12	4	47
15	4	20	10	3	37
16	2	15	8	2	27
17	8	10	6	1	25
18	6	5	4	12	27
19	4	40	2	11	57
20	2	35	12	10	59
21	8	30	10	9	57
22	6	25	8	8	47
23	4	20	6	7	37
24	2	15	4	6	27
Máx.	8	40	12	12	72

Modelos de Armazenamento Armazenamento dedicado Necessidade de espaço

Baseado na necessidade máxima de espaço de estoque

- ❑ Resultado é igual a soma dos estoques máximos para cada item do estoque
- ❑ Apesar de o estoque máximo no armazém é de 59 itens ($t=20$), o estoque necessário para atender é de 72 espaços.



Modelos de Armazenamento
Armazenamento dedicado
Necessidade de espaço
Baseado no nível de Serviço

- ❑ A probabilidade de haver um número suficiente de locais para armazenamento para um produto 'j' é dada pela probabilidade da demanda de armazenagem ser menor ou igual a Q_j . (número de locais determinados para o produto j).
- ❑ Se a demanda no armazenamento para os vários produtos é estatisticamente independente, a probabilidade de que haja falta de locais para armazenamento é dada por:

$$\text{❑ } P(1 \text{ ou mais falta de locais}) = 1 - P(\text{não haver falta de local})$$



Modelos de Armazenamento
Armazenamento dedicado
Necessidade de espaço
Baseado no nível de Serviço

- Em estoques dedicados, Q_j são os locais no estoque destinados para o produto 'j' para $j=1, \dots, n$.
- A probabilidade de haver suficientes locais de estoque para o produto 'j' é dada pela probabilidade de a demanda por locais de estoque ser inferior ou igual a Q_j
- Então a probabilidade é dada pela distribuição acumulada da função $F_j(Q_j)$
- Então, a probabilidade para haver estoque para vários produtos independentes é dada por

$$P(1 \text{ ou mais falta de locais}) = 1 - \prod_{j=1}^n F_j(Q_j)$$



Modelos de Armazenamento
Armazenamento dedicado
Necessidade de espaço
Baseado no nível de Serviço

- Então, o número de locais de estoque para o produto j (Q_j), é dado por

$$Q_j = M_j + z_j Sd_j$$

M_j = média diária de demanda por estoque (medida em espaços no estoque)

z_j =parâmetro da distribuição normal que corresponde a probabilidade desejada de capacidade de estoque

SD_j = desvio padrão da demanda diária por espaço no estoque (medido em espaços no estoque)



Modelos de Armazenamento
Armazenamento dedicado
Necessidade de espaço
Baseado no nível de Serviço

- Exemplo: Com base nos valores médios estocados de cada produto e no desvio padrão, calcule o número de locais necessários para armazenamento de cada produto baseado no nível de serviço. Sabe-se que a distribuição de probabilidades para o número de locais de armazenamento para cada produto num dado dia segue a distribuição Normal. Utilize a probabilidade de 99% (para $z = 2,33$).

	Média de Estoque (pallets)	Desvio Padrão (pallets)
Produto 1	30	8
Produto 2	40	10
Produto 3	50	15
Produto 4	50	12
Produto 5	40	12



Modelos de Armazenamento Armazenamento dedicado Necessidade de espaço Baseado no nível de Serviço

- Exemplo: Com base nos valores médios estocados de cada produto e no desvio padrão, calcule o número de locais necessários para armazenamento de cada produto baseado no nível de serviço. Sabe-se que a distribuição de probabilidades para o número de locais de armazenamento para cada produto num dado dia segue a distribuição Normal. Utilize a probabilidade de 99% (para $z= 2,3263$).

- $Q_1 = 30 + 2,32(8) = 48,61078299$
- $Q_2 = 40 + 2,32(10) = 63,26348$
- $Q_3 = 50 + 2,32(15) = 84,89521811$
- $Q_4 = 50 + 2,32(12) = 77,91617449$
- $Q_5 = 50 + 2,32(12) = 67,91617449$

	99%	95%	90%	80%
Q1	48,61078	43,15883	40,25241	36,73297
Q2	63,26348	56,44854	52,81552	48,41621
Q3	84,89522	74,6728	69,22327	62,62432
Q4	77,91617	69,73824	65,37862	60,09945
Q5	67,91617	59,73824	55,37862	50,09945
Total	342,6018	303,7567	283,0484	257,9724

- O estoque deve disponibilizar 342,60 (343) espaços para atender um nível de serviço de 99%



Modelos de Armazenamento Armazenamento randômico

- Armazenamento randômico se refere ao local de armazenamento flutuante.
- Permite o local de armazenamento de um produto ser alterado a todo momento.
- Quando uma carga chega para ser estocada esta carga é armazenada no local mais próximo disponível, a separação dos pedidos normalmente é realizada seguindo a premissa *first in first out* (FIFO)



Modelos de Armazenamento Armazenamento randômico Necessidade de espaço

- No armazenamento randômico os produtos tem locais variáveis no estoque.
 - Qual o número de locais de armazenamento para um determinado produto deve satisfazer a necessidade de armazenamento em um estoque randômico?
1. Baseado na necessidade máxima de espaço de estoque
 2. Baseado no nível de serviço desejado



Modelos de Armazenamento Armazenamento randômico Necessidade de espaço

Baseado na necessidade máxima de espaço de estoque

	Demanda diária (pallets)	Reabastecimento (pallets)	Reposição (período T)	Entre entregas
Produto 1	2	8	1,5,9,13,17...	4t
Produto 2	5	40	3,11,19...	8t
Produto 3	2	12	2,8,14,20...	6t
Produto 4	1	12	6,18,30...	12t

Exemplo: Considere um depósito que estoca 4 produtos. O produto 1 é repostado nos dias 1, 5, 9,....; o produto 2 nos dias 3, 11, 19,....; o produto 3 nos dias 2, 8, 14, e o produto 4 nos dias 6, 18, 30,....

- Qual é a necessidade máxima de espaço para esta configuração?

Período	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4	Total Demandado
1	8	10	2	5	25
2	6	5	12	4	27
3	4	40	10	3	57
4	2	35	8	2	47
5	8	30	6	1	45
6	6	25	4	12	47
7	4	20	3	11	38
8	2	15	12	10	39
9	8	10	10	9	37
10	6	5	8	8	27
11	4	40	6	7	57
12	2	35	4	6	47
13	8	30	2	5	45
14	6	25	12	4	47
15	4	20	10	3	37
16	2	15	8	2	27
17	8	10	6	1	25
18	6	5	4	12	27
19	4	40	2	11	57
20	2	35	12	10	59
21	8	30	10	9	57
22	6	25	8	8	47
23	4	20	6	7	37
24	2	15	4	6	27
Máx.	8	40	12	12	59

Modelos de Armazenamento
Armazenamento randômico
Necessidade de espaço

Baseado na necessidade máxima de espaço de estoque

- ❑ O espaço necessário é o estoque máximo no armazém, alcançado no período t=20, de 59.
- ❑ No armazenamento dedicado, a necessidade de espaço era de 72.



Modelos de Armazenamento
Armazenamento randômico
Necessidade de espaço
Baseado no nível de Serviço

- O número de locais de estoque para (Q_j), é dado por

$$Q_j = M_j + z_j Sd_j$$

M_j = média diária de demanda por estoque (medida em espaços no estoque)

SD_j = desvio padrão da demanda diária por espaço no estoque (medido em espaços no estoque)

Z_j =parâmetro da distribuição normal que corresponde a probabilidade desejada de capacidade de estoque



Modelos de Armazenamento
Armazenamento randômico
Necessidade de espaço
Baseado no nível de Serviço

- Exemplo: Com base nos valores médios estocados de cada produto e no desvio padrão, calcule o número de locais necessários para armazenamento randômico baseado no nível de serviço. Sabe-se que a distribuição de probabilidades para o número de locais de armazenamento num dado dia segue a distribuição Normal. Utilize a probabilidade de 99% (para $z = 2,33$).

	Média de Estoque (pallets)	Desvio Padrão (pallets)
Produto 1	30	8
Produto 2	40	10
Produto 3	50	15
Produto 4	50	12
Produto 5	40	12



Modelos de Armazenamento
Armazenamento randômico
Necessidade de espaço
Baseado no nível de Serviço

- Calcular a média total de espaços no estoque = 210 espaços
- $Z = 2,326348$
- Calcular o desvio padrão total do estoque = 26,019 espaços

$$Q_j = M_j + z_j Sd_j$$

- O estoque deve possuir 271 espaços para atender a necessidade de espaço para atender um nível de serviço de 99%.

	99%	95%	90%	80%
Q_j	270,5298	252,7978	243,345	243,345



Comparativo entre o sistema de estoque dedicado e o randômico

- ❑ O sistema de **estoque randômico** necessita de uma **menor quantidade de espaços** de estoque que o sistema dedicado.
- ❑ No **estoque dedicado**, os **produtos populares** são **locados em áreas privilegiadas** no estoque, sendo que no sistema randômico isto nem sempre acontece.
- ❑ Com isto, é esperado que o deslocamento total seja maior no estoque randômico que no dedicado.
- ❑ Entretanto, em razão da menor necessidade de espaço no sistema randômico, é possível que esta redução influencie a dimensão do armazém e com isto reduza também o deslocamento total no armazém.



Modelos de Armazenamento **Armazenamento dedicado baseado em classes**

- ❑ No armazenamento dedicado baseado em classes existe um compromisso entre o armazenamento randômico e o dedicado.
- ❑ Neste tipo de armazenamento, os produtos são divididos em 3, 4 ou 5 classes com base na taxa entre a quantidade de estocagens/separação de pedidos por período e o número de espaços dedicados para o determinado item
- ❑ O armazenamento dedicado é utilizado para cada classe e dentro de cada classe se utiliza o armazenamento randômico.



Modelos de Armazenamento

Armazenamento dedicado baseado em classes

	T	S	T/S
1	4	8	0,50
2	5	12	0,42
3	9	4	2,25
4	7	8	0,88
5	3	8	0,38
6	9	5	1,80
7	3	10	0,30
8	30	24	1,25
9	2	28	0,07
10	34	12	2,83
11	12	12	1,00
12	13	10	1,30
13	1	25	0,04
14	9	10	0,90
15	4	2	2,00
16	11	20	0,55
17	3	5	0,60
18	13	19	0,68
19	2	40	0,05
20	17	4	4,25
21	1	18	0,06
22	8	19	0,42
23	1	15	0,07
24	3	50	0,06
25	1	10	0,10

Ordene os produtos de acordo com as taxas de número de viagens para armazenamento e separação de pedidos por período e os espaços dedicados para o determinado item.



T = número de viagens para armazenamento e separação de pedidos/ período (tempo)

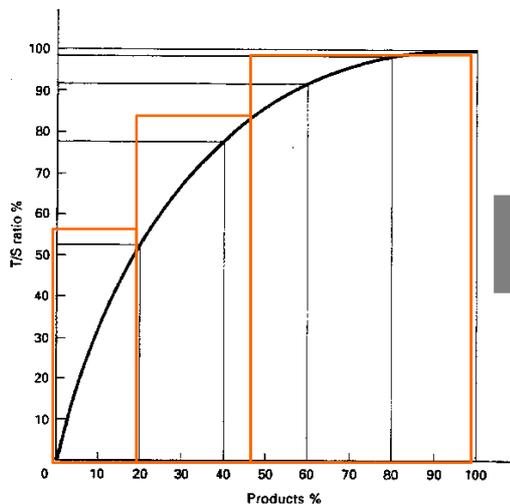
S = espaços dedicados para o item

	T	S	T/S	
20	17	4	4,25	18,68%
10	34	12	2,83	31,14%
3	9	4	2,25	41,03%
15	4	2	2,00	49,82%
6	9	5	1,80	57,73%
12	13	10	1,30	63,45%
8	30	24	1,25	68,94%
11	12	12	1,00	73,34%
14	9	10	0,90	77,29%
4	7	8	0,88	81,14%
18	13	19	0,68	84,15%
17	3	5	0,60	86,78%
16	11	20	0,55	89,20%
1	4	8	0,50	91,40%
22	8	19	0,42	93,25%
2	5	12	0,42	95,08%
5	3	8	0,38	96,73%
7	3	10	0,30	98,05%
25	1	10	0,10	98,49%
9	2	28	0,07	98,80%
23	1	15	0,07	99,10%
24	3	50	0,06	99,36%
21	1	18	0,06	99,60%
19	2	40	0,05	99,82%
13	1	25	0,04	100,00%



Modelos de Armazenamento

Armazenamento dedicado baseado em classes



	T	S	T/S	
20	17	4	4,25	18,68%
10	34	12	2,83	31,14%
3	9	4	2,25	41,03%
15	4	2	2,00	49,82%
6	9	5	1,80	57,73%
12	13	10	1,30	63,45%
8	30	24	1,25	68,94%
11	12	12	1,00	73,34%
14	9	10	0,90	77,29%
4	7	8	0,88	81,14%
18	13	19	0,68	84,15%
17	3	5	0,60	86,78%
16	11	20	0,55	89,20%
1	4	8	0,50	91,40%
22	8	19	0,42	93,25%
2	5	12	0,42	95,08%
5	3	8	0,38	96,73%
7	3	10	0,30	98,05%
25	1	10	0,10	98,49%
9	2	28	0,07	98,80%
23	1	15	0,07	99,10%
24	3	50	0,06	99,36%
21	1	18	0,06	99,60%
19	2	40	0,05	99,82%
13	1	25	0,04	100,00%

Classe 1

Classe 2

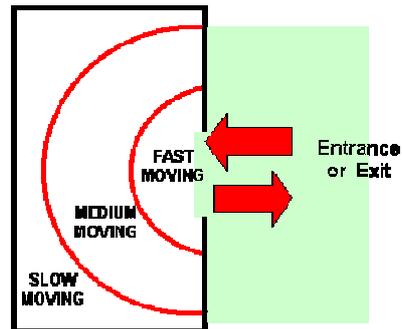
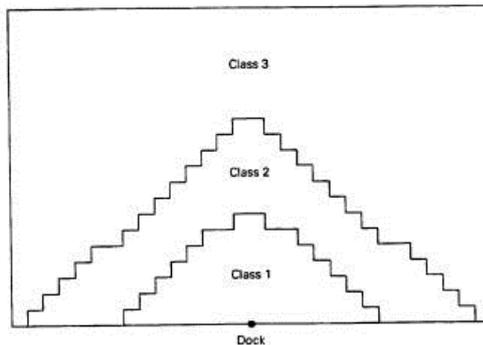
Classe 3



Modelos de Armazenamento

Armazenamento dedicado baseado em classes

- Determine os locais no estoque de acordo com a classe
- As classes com maior taxas de número de viagens para armazenamento e separação de pedidos por período e quantidade de espaços dedicados (T/S) são alocadas nos espaços mais privilegiados do estoque



Modelos de Armazenamento

Armazenamento dedicado baseado em classes

- ❑ O sistema de armazenamento baseado em classes necessita de menor espaço de armazenagem que o sistema dedicado e maior que o randômico.
- ❑ Outras heurísticas também podem ser utilizadas para determinar as classes dos produtos
- ❑ O cálculo do espaço segue a mesma lógica do sistema dedicado e randômico (**dedicado inter-classes e randômico intra-classe**)