

ANÁLISE DA EFICÁCIA DE
DIFERENTES MÉTODOS DE
EMBARQUE E
DESEMBARQUE EM
VÁRIOS MODELOS DE
AERONAVES

2022065

Índice

Resumo.....	2
Introdução.....	3
Interferências no embarque	4
Métodos de embarque	4
O simulador.....	6
Outras interferências que influenciam o tempo de embarque.....	7
Desembarque.....	8
Aeronaves “Flying Wing” e de dois corredores	9
Resultados obtidos.....	9
Lotação covid-19	10
Conclusão	12
Apêndice	13
Bibliografia	19
Carta	20

Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar quais os métodos mais eficazes para o embarque e o desembarque de um avião, em diferentes configurações de aeronaves e diferentes lotações das mesmas.

Para tal, recorremos a um simulador desenvolvido na linguagem python que, adaptando o código a cada uma das situações pretendidas, nos permitiu simular e comparar os diferentes métodos de embarque em cada uma das situações.

Introdução

Durante qualquer voo comercial de passageiros, existem duas operações demoradas que dependem principalmente do comportamento humano: o embarque e o desembarque da aeronave. Com o objetivo de otimizar o tempo destas operações existem diversos métodos, desde o completamente não estruturado (os passageiros embarcam ou saem do avião sem orientação) até aos estruturados (os passageiros embarcam ou saem do avião usando um método prescrito). Os métodos prescritos podem ser baseados em números de filas, posições de assentos ou grupos de prioridade. Na prática, porém, mesmo quando o método prescrito é anunciado, nem todos os passageiros seguem as instruções fornecidas.

Ao entrar no avião (embarque), os passageiros formam fila no corredor da aeronave até chegarem ao lugar destinado. Neste processo, podem ocorrer várias interferências e atrasos provenientes do comportamento dos passageiros. Quando chegam ao seu lugar, os passageiros precisam de guardar a sua bagagem no compartimento adequado, bloqueando o corredor durante um período de tempo no decorrer do processo. Após a conclusão de tal ação, a menos que não haja interferências no assento, o passageiro pode finalmente tomar o seu lugar. Caso contrário, o passageiro que bloqueia o caminho tem que levantar-se para ceder passagem.

O processo de saída do avião (desembarque) é o oposto do embarque com as suas próprias possíveis limitações de movimentação de passageiros. Alguns passageiros são lentos no percurso do seu assento para a saída, outros bloqueiam a passagem enquanto recolhem a sua bagagem dos compartimentos superiores ou de debaixo do assento, impedindo a passagem dos passageiros que se encontram atrás deles e tornando este processo mais demorado.

No sentido de descobrir qual dos métodos de embarque é mais favorável quanto ao tempo gasto, desenvolvemos um modelo matemático que nos indica o tempo que estes demoram. Assim, vai ser-nos possível comparar resultados e chegar à conclusão de qual dos métodos é mais favorável.

Interferências no embarque

O primeiro aspeto que devemos ter em consideração no estudo dos diferentes métodos de embarque são as possíveis interferências que tornam mais lento este processo.

Grande parte dos atrasos no embarque deve-se às interferências entre passageiros. As interferências podem ser classificadas em dois tipos: interferências de assento e interferências de corredor.

- As interferências de corredor ocorrem quando os passageiros desejam chegar aos seus assentos e são bloqueados no corredor por outros passageiros que estão parados à sua frente, normalmente a guardar a bagagem de mão nos armários superiores.
- As interferências de assento acontecem, por exemplo, quando o passageiro da janela deseja sentar-se e precisa de pedir ao passageiro que já se encontra sentado no assento do corredor ou no meio, para se levantar e permitir a sua passagem. Existem 4 tipos de interferências de assento:
 1. O passageiro quer sentar-se no lugar do meio e o lugar de dentro está ocupado, o que vai exigir que o passageiro já sentado tenha que levantar-se para que o outro se possa sentar.
 2. O passageiro quer sentar-se no lugar do janela e o lugar de dentro está ocupado, o que vai exigir que o passageiro já sentado tenha que levantar-se para que o outro se possa sentar.
 3. O passageiro quer sentar-se no lugar da janela e tanto o lugar de dentro como o do meio estão ocupados, o que vai exigir que os passageiros já sentados tenham que levantar-se para que o outro se possa sentar.
 4. O passageiro quer sentar-se no lugar da janela e o lugar do meio está ocupado, o que vai exigir que o passageiro já sentado tenha que levantar-se para que o outro se possa sentar.

Métodos de embarque

Agora que já estabelecemos as possíveis interferências a ter em consideração, podemos então analisar os diferentes métodos de embarque existentes, com o objetivo de determinar aquele que poderá minimizar estas interferências e, conseqüentemente, revelar-se mais eficaz.

Neste trabalho iremos analisar cinco processos de embarque distintos:

- Embarque Aleatório
- Embarque por secção
- Embarque por assento
- Método da pirâmide invertida
- Embarque com assentos livres

Embarque Aleatório

Este método de embarque, não exige qualquer estratégia específica. Todos os passageiros pertencem a um único grupo de embarque, entrando no avião de forma não estruturada.

Usado por: Southwest Airlines; US Airways

Vantagens:

- Não exige nenhum esforço na chamada dos passageiros;
- Os passageiros que viajam em grupo podem embarcar juntos;
- Passageiros atrasados não influenciam a eficiência.

Desvantagens:

- Método lento

Embarque por secção

Neste método de embarque as filas do avião são divididas em secções que podem diferir no número de filas. O embarque pode então ser feito começando pela secção traseira e avançando até ao grupo da frente, ou, pelo contrário, seguindo uma ordem de frente para trás. É uma estratégia fácil de implementar. Porém é facilmente sujeita à ineficiência, pois ocorrem congestionamentos nas filas de embarque.

Usado por: Air Canada; Alaska Airlines; British Airways; Frontier Airlines; JetBlue Airways; Atlantic Airways

Vantagens:

- Fácil de entender;
- Os passageiros que viajam em grupo podem embarcar juntos.

Desvantagens:

- Congestionamentos em pequenas áreas do avião;
- Método bastante lento.

Embarque por assento

Também conhecido como WMA ou Wilma (Window Middle Aisle), este método embarca primeiro os passageiros que têm os lugares de fora (chegado à janela). Seguem-se os passageiros com os assentos do meio e, por fim, os do corredor. Este método parece ser o mais eficiente, uma vez que elimina por inteiro as interferências de assento.

Usado por: United Airlines

Vantagens:

- Método rápido pois não existem interferências de assento.

Desvantagens:

- Separação dos passageiros que viajam em grupo.

Pirâmide Invertida

Este método consiste no embarque de passageiros desde a traseira externa até à parte da frente interna da cabine. Este método é, essencialmente, uma combinação entre as estratégias “Embarque por secção” e “Embarque por assento”, existindo um embarque simultâneo de trás para a frente e de fora para dentro. Neste método embarcam primeiros os passageiros que se encontram à janela e na parte traseira do avião. Os passageiros que possuem lugar na coluna de dentro (junto ao corredor) na parte da frente do avião são os últimos a embarcar.

Vantagens:

- Método rápido, onde não existem interferências de assento.

Desvantagens:

- Método complexo;
- Separação dos passageiros que viajam em grupo.

Assentos livres

Este método, denominado Assentos livres, consiste no passageiro poder escolher o lugar que quiser, isto é, não existem lugares marcados. Assim sendo, este método de embarque seguirá naturalmente a ordem da preferência dos passageiros. Normalmente, a janela e os assentos do corredor na frente do avião são preenchidos, de seguida, aqueles na parte de trás. Depois disso, todos os assentos do meio são preenchidos da frente para trás, uma vez que estes são os lugares menos desejados e, portanto, destinados aos passageiros do fim da fila de embarque.

Vantagens:

- As pessoas que chegam primeiro podem sentar-se nos lugares nos quais se sentem mais confortáveis.

Desvantagens:

- É considerado desconfortável por parte dos passageiros e por vezes stressante.
- Os passageiros que viajam em grupo podem não conseguir viajar juntos.

O simulador

Para estudar os diferentes métodos de embarque, recorreremos a um simulador desenvolvido na linguagem python por Gaurav Deshmukh, um aluno de doutoramento da Purdue University, cujo propósito é “calcular os tempos de embarque para várias configurações e visualizar o procedimento de embarque”.

Contudo, ao longo do trabalho tivemos que adaptar o código para acomodar as nossas necessidades, nomeadamente ao nível da configuração das aeronaves e da sua ocupação devido às restrições pandémicas.

De um modo geral, este simulador funciona com base nos seguintes aspectos:

- Representação do mapa de assentos do avião como uma matriz de índice único para cada elemento;
- Representação da fila de passageiros e do corredor como matrizes unidimensionais;
- Atribuição a cada passageiro de um lugar pré-definido e de uma velocidade à qual se deve deslocar;
- Definição de regras para o deslocamento dos passageiros no corredor e do corredor para os seus respectivos assentos:
 - Tempo médio necessário para um passageiro se deslocar de uma posição para a posição seguinte - neste simulador admitimos que o tempo médio é 1, com um desvio padrão de 0,2, segundo uma distribuição gaussiana;
 - Tempo necessário para arrumar a bagagem - admitimos um tempo médio de 2;
 - Tempo necessário para um passageiro se movimentar do corredor para o seu lugar, admitindo diversos cenários:
 - Fila livre- 1
 - Lugar do corredor ocupado- 4
 - Lugar do meio ocupado- 5
 - Lugar do corredor e lugar do meio ocupados- 7
- Deslocamento dos passageiros da fila inicial para o corredor e depois para os seus lugares até que todos os lugares estejam ocupados e, de seguida, medir o tempo que levou para concluir este processo.

Neste simulador são considerados tempos não dimensionais, o que diminui a sua aplicabilidade na vida real. Contudo o simulador é perfeitamente capaz para efeitos de comparação da eficácia dos diferentes métodos de embarque.

Apresentamos o código base utilizado no Apêndice final.

Outras interferências que influenciam o tempo de embarque

Variação do tempo de embarque com o aumento da bagagem de mão

Uma vez que arrumar a bagagem de mão muitas vezes provoca uma interferência de corredor, dependendo do método de embarque, este ato pode ter grande influência no tempo de embarque da aeronave. Ao adicionarmos mais bagagem de mão aos passageiros, estes são por vezes obrigados a guardá-la debaixo dos assentos devido à falta de espaço que existe nas prateleiras que desempenham esta função. A presença de bagagem de mão debaixo dos assentos poderá significar um aumento de tempo perdido por interferência de assento, pois a bagagem pode bloquear a via do passageiro quando este quer chegar ao seu lugar.

A influência deste aspeto difere de estratégia para estratégia, nomeadamente:

Embarque aleatório: O aumento da bagagem de mão por passageiro irá causar imensas interferências quer de corredor quer de assento e, como tal, causar um atraso significativo no processo, quer de embarque quer de desembarque.

Embarque por secção: O aumento da bagagem de mão por passageiro irá causar algumas interferências, quer de corredor quer de assento, e conseqüentemente provocar um atraso no processo quer de embarque quer de desembarque. Este atraso não será tão significativo como o do método aleatório, pois só existem interações entre pessoas da mesma secção ao invés de haver interações entre passageiros de todo o avião

Embarque por assento: Neste método, o aumento da bagagem de mão por passageiro não causará quaisquer interferências de assento e, as de corredor serão em número muito reduzido e como tal, provavelmente, não irá causar qualquer atraso significativo no processo quer de embarque quer de desembarque.

Pirâmide invertida: Neste método, o aumento da bagagem de mão por passageiro não causará quaisquer interferências de assento e as de corredor serão em número muito reduzido. Logo, provavelmente não irá causar qualquer atraso significativo no processo, quer de embarque quer de desembarque.

Assentos livres: O aumento da bagagem de mão por passageiro irá causar um considerável número de interferências, quer de corredor quer de assento, e como tal causar um atraso significativo no processo, quer de embarque quer de desembarque.

Variação do tempo de embarque com o aumento de passageiros não respeitadores dos métodos de embarque

Todos os métodos de embarque são afetados por passageiros que decidem ir contra as regras, sendo estes geralmente a causa de atraso significativo, uma vez que provocam inúmeras interferências, quer de corredor quer de assento.

Desembarque

Após vários testes concluímos que o método mais rápido de embarque é o método da pirâmide invertida e, como esperado, após testagem, o método que se revelou mais rápido e eficaz para o desembarque da aeronave foi precisamente o inverso da pirâmide invertida, o que consistiria primeiramente na saída dos passageiros sentados nos lugares da coluna de dentro e da parte da proa do avião até à saída dos passageiros situados nos lugares da coluna de fora e da secção traseira da aeronave.

Deste modo, o processo de desembarque acaba por ser mais eficiente, quando é utilizada a mesma metodologia do processo de embarque.

Aeronaves “Flying Wing” e de dois corredores

Na aeronave “Flying Wing”, como tem vários corredores que possibilitam a passagem dos passageiros para os seus assentos, e estes são iguais entre si, aplica-se o modelo matemático apenas num corredor, e depois replica-se nos outros. Deste modo, para estudar os métodos de embarque neste tipo de aeronave considerámos uma matriz com 14 filas e 6 colunas. Aqui o embarque é mais rápido pois a existência de mais que um corredor permite que os indivíduos se possam espalhar pela aeronave mais facilmente para depois chegarem aos seu lugares.

Para a aeronave com duas entradas de passageiros e dois corredores foi aplicado um raciocínio semelhante. Relativamente à coluna de assentos central, é possível aceder a estes lugares de ambos os corredores, pelo que um passageiro que se sente nestes lugares nunca tem que passar por mais do que um assento. Por outro lado o facto de existirem duas entradas permite dividir os passageiros em dois grupos, sendo que o grupo da frente e o grupo de trás utilizam as respetivas entradas. Assim sendo, para estudar os diferentes processos de embarque neste tipo de aeronave foi possível considerar uma matriz com 20 filas e 4 colunas. O facto de existir menos uma coluna de cada lado do corredor traduziu-se num processo de embarque mais rápido comparativamente às outras aeronaves.

Resultados obtidos

	Avião de “corpo estreito”	Avião “Flying wing”	Avião de dois corredores
Aleatório	441,84	225,23	118,64
Por Secção (trás para a frente)	477,88	237,53	125,2
Por Secção (frente para trás)	542,23	269,79	146,57
Por Assento	356,76	173,40	105,18
Pirâmide Invertida	285,19	130,01	73,54
Assentos Livres	474,70	221,215	121,77

Todos os valores apresentados são tempos médios obtidos com a realização de 20 ensaios, sendo que não foi fixada nenhuma unidade de tempo.

Com base neste resultados podemos concluir que, para qualquer uma das aeronaves, o método de embarque que se revela mais rápido é o método da pirâmide invertida. Este método revela uma melhoria de 35,5% (no caso da aeronave de corpo estreito) relativamente ao embarque aleatório.

Por outro lado, o embarque por secção de trás para a frente, apesar de ser o método mais popular, revelou resultados muito pouco satisfatórios, tendo um atraso de 40,3%

comparativamente com o método da pirâmide invertida e sendo até 7,5% mais lento que o método de embarque aleatório.

Lotação covid-19

A pandemia de COVID-19 teve um enorme impacto em diversos setores económicos. O setor das viagens esteve entre os primeiros a serem diretamente atingidos, uma vez que a pandemia provocou grandes perturbações nas viagens, durante as quais muitos aviões ficaram imobilizados e outros sofreram redução drástica de lotação. Para manter as viagens aéreas funcionais e para as companhias aéreas restaurarem a confiança dos seus passageiros, foi necessário implementar novas medidas para evitar a contaminação e a propagação do vírus durante o processo de embarque, voo e desembarque.

Seguindo os modelos prescritos recomendados (aleatório, por secção e por assento), se a lotação for limitada a 70% (4 em 6 lugares por fila ocupados) dos passageiros, estes podem ser distribuídos com o assento do meio vazio (os passageiros sentam-se nos lugares da janela e do corredor). Neste caso o método de embarque mais favorável seria o método da pirâmide invertida, à semelhança do que acontece com uma lotação completa.

No caso de apenas 50% (3 em 6 assentos por fila ocupados) da aeronave estar ocupada, os passageiros podem ser distribuídos numa fila pelos lugares A, C e E, na fila seguinte nos lugares B, D e F, e assim sucessivamente, ficando os indivíduos sentados em lugares alternados/em xadrez. O melhor método de embarque que aqui pode ser utilizado é também o método da pirâmide invertida.

Por outro lado se o número de passageiros for limitado a 30% (2 em 6 assentos por fila ocupados), vai haver apenas um indivíduo de cada lado do corredor. O método de embarque por secção de trás para a frente, neste caso, é o ideal, uma vez que, como só há uma pessoa por grupo de três assentos, não faz sentido considerar métodos de embarque que considerem a posição do assento dentro da mesma fila.

Na tabela abaixo, apresentamos os tempos médios obtidos através da realização de 20 ensaios, em cada uma das restrições de lotação, sem considerar nenhuma unidade para o tempo.

	70%	50%	30%
Aleatório	295,15	218,68	146,94
Por secção (trás para a frente)	299,21	224,26	125,76
Por secção (frente para trás)	344,48	268,06	162,48
Por assento	255,79	193,36	-
Pirâmide Invertida	193,62	148,74	-
Assentos livres	317,94	218,87	-

No desembarque o melhor método a utilizar é o contrário do método de embarque. Isto é, quando a lotação é de 70% é preferível que o desembarque seja feito da frente para trás e dos lugares do corredor para os da janela, evitando o mais possível a formação de fila de espera. Com 50% dos passageiros o desembarque deverá ser feito da mesma maneira, de dentro para fora e da frente para trás. No caso de apenas 30% da aeronave estar cheia, poupar-se-á mais tempo se os indivíduos saírem da frente para trás uma vez que de cada lado do corredor encontra-se apenas uma pessoa em cada fila.

Conclusão

Durante este trabalho foi-nos possível estudar e analisar a eficiência de diversos métodos de embarque em três aeronaves distintas. Isto foi realizado com base em simulação computacional. Através desta simulação foram realizados ensaios para cada uma das situações de embarque - aleatória, por secção (de trás para a frente e da frente para trás), por assento, pirâmide invertida e assentos livres - com o intuito de determinar a mais eficaz.

Quanto aos resultados obtidos na aeronave de corpo estreito, é possível concluir que:

> dos cinco métodos estudados, o por assento e o da pirâmide invertida proporcionam um tempo de embarque menor, enquanto que o por secção e o dos assentos livres se revelam os mais ineficientes. O método da pirâmide invertida apresentou uma melhoria de 35,5% em relação à aleatória e de 40,3% em relação ao método por secção de trás para a frente.

> o método da pirâmide invertida, apesar de obter excelentes resultados e ser o mais eficaz em termos teóricos, não tem uma aplicação prática, uma vez que é complexo e pode causar grandes filas na porta de embarque para que os passageiros entrem no avião um a um na ordem pretendida.

> assim, a maneira mais eficaz de se proceder ao embarque de passageiros será pelo método por assentos que tem uma melhoria de 19,2%. em relação ao método aleatório

> ao contrário daquilo que muitas companhias aéreas pensam e utilizam, o método de embarque por secção da frente para trás é o mais demorado. Sendo 18,5% mais lento que o método aleatório.

Apêndice

Código:

```

import scipy as sci
#Initialize
#Define number of rows and columns
n_rows=32
n_cols=6

#Calculate number of passengers
n_pass=n_rows*n_cols

#Create seat matrix
seats=sci.zeros((n_rows,n_cols))
seats[:,:]==-1

#Create aisle array
aisle_q=sci.zeros(n_rows)
aisle_q[:]==-1

#Create initial passenger number queue
pass_q=[int(i) for i in range(n_pass)]
pass_q=sci.array(pass_q)

#Create array for seat nos
row_q_init=sci.zeros(n_pass)
col_q_init=sci.zeros(n_pass)

#Let's create moveto arrays
moveto_loc=sci.zeros(n_pass)
moveto_time=sci.zeros(n_pass)

moveto_loc_dict={i:j for i in pass_q for j in moveto_loc}
moveto_time_dict={i:j for i in pass_q for j in moveto_time}
#Create function to assign seat number to each passenger
def AssignSeats(rq,cq,assign_type,n_pass=n_pass,n_rows=n_rows):
    if(assign_type=="SINP"):
        #Initialize initial and final positions
        i=0
        f=n_rows

        #Define column seating positions
        c=[0,5,1,4,2,3]

        #Define iteration counter
        count=0

        #Assign queue
        while(f<=n_pass):
            rq[i:f]=list(reversed(range(0,n_rows)))
            cq[i:f]=[c[count]]*n_rows
            i+=n_rows
            f+=n_rows
            count+=1

    if(assign_type=="Random"):
        #Initialize possible row positions
        av_rows=sci.arange(0,n_rows,1)

```

```

#Make as many copies of these positions as the number of columns
av_rows=sci.tile(av_rows,(n_cols,1))
av_rows=av_rows.T.flatten()

#Initialize possible column positions
av_cols=sci.arange(0,n_cols,1)
#Make as many copies of these positions as the number of rows
av_cols=sci.tile(av_cols,(n_rows,1)).flatten()

#Create list of all possible seat positions
av_seats=sci.zeros((n_pass,2))
for i in range(n_pass):
    av_seats[i]=[av_rows[i],av_cols[i]]

#Randomize seat positions
sci.random.shuffle(av_seats)
rq=av_seats[:,0]
cq=av_seats[:,1]

if(assign_type=="BTF"):
    av_rows=sci.arange(0,n_rows,1)
    av_rows=sci.tile(av_rows,(n_cols,1))
    av_rows=av_rows.T.flatten()
    av_cols=sci.arange(0,n_cols,1)
    av_cols=sci.tile(av_cols,(n_rows,1)).flatten()
    av_seats=sci.zeros((n_pass,2))
    for i in range(n_pass):
        av_seats[i]=[av_rows[i],av_cols[i]]

#Same as randomize except randomization is limited to specific
groups
group1=av_seats[:64]
sci.random.shuffle(group1)
group2=av_seats[64:128]
sci.random.shuffle(group2)
group3=av_seats[128:]
sci.random.shuffle(group3)
av_seats_final=sci.concatenate((group3,group2,group1))
rq=av_seats_final[:,0]
cq=av_seats_final[:,1]

if(assign_type=="FTB"):
    av_rows=sci.arange(0,n_rows,1)
    av_rows=sci.tile(av_rows,(n_cols,1))
    av_rows=av_rows.T.flatten()
    av_cols=sci.arange(0,n_cols,1)
    av_cols=sci.tile(av_cols,(n_rows,1)).flatten()
    av_seats=sci.zeros((n_pass,2))
    for i in range(n_pass):
        av_seats[i]=[av_rows[i],av_cols[i]]
    group1=av_seats[:64]
    sci.random.shuffle(group1)
    group2=av_seats[64:128]
    sci.random.shuffle(group2)
    group3=av_seats[128:]
    sci.random.shuffle(group3)

#Same as BTF except order of groups is swapped
av_seats_final=sci.concatenate((group1,group2,group3))
rq=av_seats_final[:,0]

```

```

    cq=av_seats_final[:,1]

    if(assign_type=="WMA"):
        window_1=sci.array([0]*n_rows)
        rows_1=sci.arange(0,n_rows,1)
        window_2=sci.array([5]*n_rows)
        rows_2=sci.arange(0,n_rows,1)
        window=sci.concatenate((window_1,window_2))
        rows=sci.concatenate((rows_1,rows_2))
        av_seats_w=sci.column_stack((rows,window))
        sci.random.shuffle(av_seats_w)

        middle_1=sci.array([1]*n_rows)
        middle_2=sci.array([4]*n_rows)
        middle=sci.concatenate((middle_1,middle_2))
        av_seats_m=sci.column_stack((rows,middle))
        sci.random.shuffle(av_seats_m)

        aisle_1=sci.array([2]*n_rows)
        aisle_2=sci.array([3]*n_rows)
        aisle=sci.concatenate((aisle_1,aisle_2))
        av_seats_a=sci.column_stack((rows,aisle))
        sci.random.shuffle(av_seats_a)

        av_seats=sci.concatenate((av_seats_w,av_seats_m,av_seats_a))
        rq=av_seats[:,0]
        cq=av_seats[:,1]

    if(assign_type=="Southwest"):
        #Make an array [0,5,0,5,...]
        window=sci.array([0,5]*n_rows)

        #Make an array [0,0,1,1,2,2,...]
        rows_1=sci.arange(0,n_rows,1)
        rows_2=sci.arange(0,n_rows,1)
        rows=sci.ravel(sci.column_stack((rows_1,rows_2)))

        w_seats=sci.column_stack((rows,window))
        w_group1=w_seats[:32,:]
        w_group2=w_seats[32:,:]

        aisle=sci.array([2,3]*n_rows)
        a_seats=sci.column_stack((rows,aisle))
        a_group1=a_seats[:32,:]
        a_group2=a_seats[32:,:]

        mega_group1=sci.concatenate((w_group1,a_group1))
        sci.random.shuffle(mega_group1)
        mega_group2=sci.concatenate((w_group2,a_group2))
        sci.random.shuffle(mega_group2)

        w_and_a=sci.concatenate((mega_group1,mega_group2))

        middle=sci.array([1,4]*n_rows)
        m_seats=sci.column_stack((rows,middle))
        m_group1=m_seats[:32,:]
        sci.random.shuffle(m_group1)
        m_group2=m_seats[32:,:]
        sci.random.shuffle(m_group2)

```



```

    av_seats=sci.concatenate((w_and_a,m_group1,m_group2))
    rq=av_seats[:,0]
    cq=av_seats[:,1]

    return rq,cq
#Create function to move passengers into aircraft
def MoveToAisle(t,aisle_q,pass_q,sum_time):
    if(t>sum_time[0]):
        if(aisle_q[0]==-1):
            aisle_q[0]=pass_q[0].copy()
            pass_q=sci.delete(pass_q,0)
            sum_time=sci.delete(sum_time,0)
        return aisle_q,pass_q,sum_time
#Assign seating order
row_q,col_q=AssignSeats(row_q_init,col_q_init,"Southwest")

#Create array for times
mean_time=1.
stddev_time=0.2
time_q=sci.random.normal(loc=mean_time,scale=stddev_time,size=n_pass)

#Define multipliers (+2 for stowing luggage)
empty_mult=1+2
aisle_mult=4+2
middle_mult=5+2
aisle_middle_mult=7+2

#Create seat and speed dictionary
pass_dict={}
time_dict={}

seat_nos=sci.column_stack((row_q,col_q))
for i in range(n_pass):
    pass_dict[i]=seat_nos[i]

for i in range(n_pass):
    time_dict[i]=time_q[i]

#Create sum time array
sum_time=sci.zeros(n_pass)
for i in range(n_pass):
    sum_time[i]=sum(time_q[:i+1])
#Let's define the boarding process in a while loop
#Define initial conditions

time=0
time_step=0.1
exit_sum=sci.sum(pass_q)
pass_sum=sci.sum(seats)

while(pass_sum!=exit_sum):
    #Try to move passenger inside the plane if passengers are left
    if(pass_q.size!=0):
        aisle_q,pass_q,sum_time=MoveToAisle(time,aisle_q,pass_q,sum_time)
    #Scan the aisle first for non-negative units (passengers)
    for passg in aisle_q:
        if(passg!=-1):
            #Store the row of passenger in aisle
            row=int(sci.where(aisle_q==passg)[0][0])
            #See if move has been assigned to passenger

```



```

moveto_time_dict[passg]=time+aisle_mult*time_dict[passg]
    else:
moveto_time_dict[passg]=time+empty_mult*time_dict[passg]
    elif(passg_col==1):
        if(seats[passg_row,2]!=-1):
moveto_time_dict[passg]=time+aisle_mult*time_dict[passg]
    else:
moveto_time_dict[passg]=time+empty_mult*time_dict[passg]
    elif(passg_col==4):
        if(seats[passg_row,3]!=-1):
moveto_time_dict[passg]=time+aisle_mult*time_dict[passg]
    else:
moveto_time_dict[passg]=time+empty_mult*time_dict[passg]
    elif(passg_col==2 or passg_col==3):
moveto_time_dict[passg]=time+empty_mult*time_dict[passg]
    elif(passg_row!=row):
        #If passenger is not at the row where his/her seat is,
        #Designate movement type as aisle
        moveto_loc_dict[passg]="a"
        #Designate time to move
        moveto_time_dict[passg]=time+time_dict[passg]

    #Iteration timekeeping
    time+=time_step
    pass_sum=sci.sum(seats)
print("The time required to board is {0:.2f}".format(time))

```

Bibliografia

Barnett, A., & Fleming, K. (2020). Covid-19 Risk Among Airline Passengers: Should the Middle Seat Stay Empty? <https://doi.org/10.1101/2020.07.02.20143826>

Bidanda, R., Winakor, J., Geng, Z., & Vidic, N. (2017). A review of optimization models for boarding a commercial airplane. In Proceedings of the 24th International Conference on Production Research (pp. 1–6). Poznan, Poland.

Cotfas, L. A., Delcea, C., Milne, R. J., & Salari, M. (2020). Evaluating Classical Airplane Boarding Methods Considering COVID-19 Flying Restrictions. *Symmetry*, 20(7), 1087. <https://doi.org/10.3390/sym12071087>

Van Landeghem, H., & Beuselinck, A. (2002). Reducing passenger boarding time in 110 airplanes: A simulation based approach. *European Journal of Operational Research*, 142(2), 294–308. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00294-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00294-6)

https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/18099/1/DM_HelioMoreira_2021_MEEC.pdf

<https://towardsdatascience.com/a-simulation-framework-to-analyze-airplane-boarding-methods-410def726350>

Carta

Exm Senhor
Diretor Executivo da Companhia Aérea

Lisboa, 28 de Abril de 2022

Assunto: Investigação de quais os melhores métodos de embarque e desembarque de passageiros em vários modelos de aviões.

Os estudos de eficácia são uma mais valia para a rentabilização de qualquer área de negócio e a área do transporte aéreo não é uma exceção. Uma das variáveis cruciais neste tipo de negócio é o tempo e a sua otimização pode ser vital para a sua manutenção e crescimento.

Com o objetivo de proporcionar respostas mais eficazes em termos de tempo na prática real, fomos investigar quais os melhores métodos de embarque e desembarque de passageiros, pois a melhoria deste processo permite uma melhoria real no cumprimento dos horários de voo, com consequente diminuição das pesadas penalizações que acontecem devido aos atrasos no cumprimento dos horários.

Através de vários testes e observações podemos concluir que o método mais eficaz para o embarque de passageiros nas aeronaves, em termos teóricos é o da pirâmide invertida. Este método consiste na entrada dos passageiros de trás para a frente e dos lugares da janela para os lugares do corredor. A análise dos resultados revela uma melhoria em tempo de 35,5% comparativamente a um embarque aleatório. No entanto, este método apresenta alguns entraves, pois é difícil de implementar, uma vez que se torna demasiado complexo no momento de chamada dos passageiros para o embarque.

Por outro lado, o método de embarque por assento, revelou-se quase tão eficaz no que toca ao tempo de embarque, com uma melhoria de 19,2%, e bastante mais prático de executar.

Por último constatámos que o sistema menos vantajoso e mais demorado é o método de embarque por secção, apesar de este ser também o método mais popularmente usado (exemplo: Air Canada; Alaska; British Airways; Frontier; JetBlue; Atlantic entre outras)

Face a estes resultados, a utilização do método de embarque por assento poderá ser uma excelente estratégia diferenciadora da eficácia dos serviços prestados, quer ao nível do lucro, quer ao nível da satisfação dos passageiros.

Agradecendo antecipadamente a atenção de V. Ex., estamos disponíveis para qualquer esclarecimento.

Apresento os meus melhores cumprimentos.