

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS - FGV**

**TRABALHO I - NYC- FLIGHTS**

Ana Paula Pudo  
Fábio Monteiro  
Lucas Sena Alves  
Marcos Soares

**MBA Business Analytics e Big Data | Análise  
Exploratória de Dados**

Prof. João Rafael Dias Pinto

Brasília  
2021

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES.....	3
LISTA DE FIGURAS .....	3
TABELAS.....	3
GRÁFICOS .....	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1 Objetivo Geral .....	4
1.2 Objetivos Específicos .....	4
2. METODOLOGIA .....	5
2.1 Aeroportos de NYC .....	5
3. Base de Dados .....	6
3.1 Problema .....	7
3.2 Dados analisados.....	7
3.3 Diagrama de relação das informações pelas chaves de cruzamento .....	8
4. Análise I - Panorama geral sobre as dinâmicas dos voos .....	9
4.1 Número de Voos por aeroporto .....	9
4.2 Voos por Companhias Aéreas por Aeroportos .....	9
4.3 Momentos de maior demanda.....	11
4.4 Horário de maior demanda.....	11
4.5 Semana de maior demanda .....	11
4.6 Mês de maior demanda.....	12
4.7 Duração e Distâncias Típicas de Voo.....	13
5. Análise II - Atrasos.....	15
5.1 Quantidade de voos com atraso por Empresa Aérea .....	15
5.2 Qual é o aeroporto mais pontual e qual é o mais atrasado.....	16
6. Análise III - Top 5 Cias Aéreas.....	17
6.1 Distâncias e Durações de Voos .....	17
6.2 Frota .....	18
6.3 Idade da Frota.....	19
6.4 Tipo de Motor.....	19
6.5 Fabricante .....	20
7. Análise IV – Análises Complementares .....	20
7.1 Temperaturas.....	21
7.2 Atrasos de chegada e de saída.....	23

7.3 Visibilidade.....	24
8. CONCLUSÃO .....	25
9. REFERÊNCIAS .....	26

## **RELAÇÃO DE ILUSTRAÇÕES**

### **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Diagrama de relações e Descrição das variáveis

### **TABELAS**

Tabela 1: quantidade de voos por aeroporto  
Tabela 2: Mês de maior demanda  
Tabela 3: Duração e Distância dos voos  
Tabela 4: Duração e Distância de voos por empresa aérea  
Tabela 5: Voos com atraso por empresa aérea  
Tabela 6: Porcentagem de atrasos  
Tabela 7: Ranking Top 5 empresas aéreas  
Tabela 8: Duração e Distâncias de Voo por empresa aérea  
Tabela 9: Idade da Frota  
Tabela 10: Tipo da Frota  
Tabela 11: Fabricante das Frotas

### **GRÁFICOS**

Gráfico 1: Distribuição de voos por aeroporto e empresa aérea  
Gráfico 2: Percentual empresa aérea por aeroporto  
Gráfico 3: Horário de maior demanda de voos  
Gráfico 4: Dia da semana de maior demanda  
Gráfico 5: Frequência de ocorrência da temperatura  
Gráfico 6: Atrasos de saída com temperatura inferior a 1,7°  
Gráfico 7: Atrasos de chegada com temperatura abaixo de 1,7  
Gráfico 8: Atrasos ocasionados nos aeroportos da amostra de wheather  
Gráfico 9: Condições de visibilidade ao longo de 2013

# **1. INTRODUÇÃO**

Para avaliar a capacidade e a eficiência operacional de uma estrutura aeroportuária, é mandatório uma análise detalhada de diversos aspectos que envolvem seu funcionamento. Quantidade de voos, horários, frota das companhias aéreas, origens e destinos e outras variáveis são elementos importantes a serem considerados.

Com base nesses fatores, este trabalho visa avaliar a eficiência dos três principais aeroportos da cidade de Nova Iorque (EUA), com base nos dados coletados ao longo de 2013, extraídos através da plataforma Kaggle. Para isso, analisamos os dados coletados sobre as empresas aéreas, os aeroportos, os voos operados, as aeronaves utilizadas e as condições climáticas enfrentadas.

O foco deste trabalho está em detectar os números de atrasos registrados nas decolagens das aeronaves durante o período analisado. A partir do levantamento desses dados, os problemas encontrados serão descritos, com sugestões de encaminhamentos para a alta gestão destes três aeroportos, para que possam tomar medidas que mitiguem tais atrasos a curto prazo e tracem estratégias a médio e longo prazo.

Na primeira parte deste estudo, vamos contextualizar quais são os aeroportos objetos de análise. Vamos detalhar a quantidade de voos, momentos de maior demanda e as características gerais dos voos. Em seguida, vamos fazer uma análise mais aprofundada da questão dos atrasos, buscando ver a relação entre as companhias que mais atrasam e os impactos na operação do aeroporto. Vamos, ainda, ver quais são as empresas que se destacam positivamente e negativamente, bem como a dinâmica dos voos, considerando também a frota das linhas aéreas operadas. Por fim, vamos trazer análises gerais que podem ajudar a alta direção na tomada de decisão.

## **1.1 Objetivo Geral**

Compreender a dinâmica de voos operados ao longo do ano de 2013 nos três principais aeroportos internacionais de Nova Iorque, considerando apenas as decolagens.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Destrinchar as bases de dados referentes ao longo de 2013

- Realizar análises e buscar insights baseados nos dados
- Trazer recomendações de melhorias operacionais para que os atrasos pudessem ser evitados
- Identificar possíveis gargalos de operação que possam resultar em atrasos em voos e, conseqüentemente, prejuízos operacionais

## **2. METODOLOGIA**

Para realizar este estudo, vamos trabalhar com os dados levantados pela plataforma Kaggle, que consolidou os dados referentes ao ano de 2013 de três aeroportos de Nova Iorque: Newark International Airport, La Guardia Airport e o John F. Kennedy International Airport. Todas as análises feitas consideram apenas as decolagens a partir de um dos três aeroportos supracitados. Foram utilizadas cinco bases de dados para a pesquisa:

- Airplanes - Dados sobre as aeronaves que operaram em qualquer um dos aeroportos no período analisado, como número de lugares, modelo, tipo de motor, ano de fabricação, número de série e fabricante.
- Airports - Dados sobre a operação dos três aeroportos, considerando horários de partida e chegada, número de passageiros, fuso horário dos voos de origem, código e nome dos aeroportos, latitude e altitude.
- Airlines - Lista de empresas aéreas que operam nos aeroportos
- Flights - Informações de quantidade de voos, horários de chegada e de partida, atrasos, data, tempo de voo, e distância.
- Weather - Condições climáticas gerais de cada dia do ano de 2013, em cada um dos três aeroportos.

Todos os dados foram trabalhados no RStudio, onde também realizamos a plotagem de gráficos e tabelas. Para calcular todas as variáveis e realizar as análises necessárias, utilizamos códigos de programação da linguagem R.

Este estudo está dividido nas seguintes partes: introdução acerca do problema objeto do estudo; descrição dos aeroportos; análises dos dados; e as conclusões extraídas a partir dessas informações.

### **2.1 Aeroportos de NYC**

Uma das principais megalópoles do mundo, a cidade de Nova Iorque tem uma população estimada de 8,4 milhões de habitantes, de acordo com o último levantamento do Departamento de Censo norte-americano, realizado em 2019. Para

atender essas pessoas, a cidade conta com três grandes aeroportos internacionais: o Aeroporto Internacional John F. Kennedy, o Aeroporto LaGuardia (ambos localizados no bairro do Queens) e o Aeroporto Internacional de Newark, sendo que este último está situado no estado vizinho de Nova Jérsei, mas possui uma rede de trens e metrô que conectam o terminal até a cidade de Nova Iorque.

Fundado em 1º de julho de 1948, o Aeroporto Internacional John F. Kennedy (JFK) é o maior dos três aeroportos. Ele conta com uma área total de 17,76 km<sup>2</sup> e seis terminais. Seu primeiro nome de fundação era Aeroporto de Idlewild, mas foi rebatizado em 1963 após a morte do então presidente dos EUA John F. Kennedy. Ele está situado a aproximadamente 26 km do centro da cidade de Nova Iorque.

Já o Aeroporto Internacional de Newark (EWR) é o mais antigo. Situado na região metropolitana de Nova Iorque, ele foi inaugurado em 1º de outubro de 1928 em uma área de apenas 280 mil m<sup>2</sup>, mas foi expandido e hoje possui uma área de 8,2 km<sup>2</sup>, distribuídos por três terminais.

Por fim, o aeroporto LaGuardia (LGA) é o menor dos três. Inaugurado em 2 de dezembro de 1939, possui uma área estimada de apenas 3 km<sup>2</sup>, e tem esse nome em homenagem ao prefeito da cidade na época, Fiorello La Guardia. Ele está situado a cerca de 14 km do centro da cidade de Nova Iorque.

A cidade ainda conta com um quarto aeroporto, o Aeroporto Internacional de Stewart, que foi construído inicialmente para ser uma base militar nos anos de 1930, mas acabou privatizado nos anos 2000 e se tornou também aberto para voos comerciais. Contudo, seu volume de voos e seu número de rotas e passageiros é bastante limitado em comparação aos outros três, e não será considerado nas observações descritas neste trabalho.

### **3. Base de Dados**

Considerando os voos realizados ao longo de 2013, foram registradas mais de 300 mil decolagens, a partir dos três aeroportos principais de Nova Iorque. Neste período 16 companhias aéreas atuaram em voos de origem, listadas a seguir:

- Endeavor Air Inc.
- American Airlines Inc.
- Alaska Airlines Inc.
- JetBlue Airways
- Delta Air Lines Inc.
- ExpressJet Airlines Inc.
- Frontier Airlines Inc.

- AirTran Airways Corporation
- Hawaiian Airlines Inc.
- Envoy Air
- SkyWest Airlines Inc.
- United Air Lines Inc.
- US Airways Inc.
- Virgin America
- Southwest Airlines Co.
- Mesa Airlines Inc.

### 3.1 Problema

Os atrasos em voos constituem um dos maiores gargalos operacionais em qualquer estrutura aeroportuária. Os gestores responsáveis pelos aeroportos devem, portanto, estar atentos a este fator e definir metodologias de análise e de mitigação de prejuízos decorrentes dos atrasos.

Para isso, é fundamental realizar o monitoramento dos dados de operação, para que os eventuais atrasos possam ser identificados e analisados. A partir daí, os gestores terão subsídios para tomar decisões que possam reduzir os impactos de operação decorrentes deste problema.

Portanto, baseado nos dados referentes ao ano de 2013, este estudo busca trazer respostas para um ponto importante: onde aconteceram os atrasos mais relevantes nos três aeroportos? Quais foram as circunstâncias? Existem recomendações para evitar que o cenário se repita?

### 3.2 Dados analisados

Para avaliar as condições operacionais dos três aeroportos ao longo do ano de 2013, foram utilizadas cinco bases de dados: voos, companhias aéreas, aeroportos, aeronaves e condições climáticas.

Nas bases de dados analisadas, foram trabalhadas as seguintes variáveis:

**Voos:** datas e horas dos voos, horários previstos para partida e chegada, horários registrados de partida e chegada, atrasos, companhias aéreas, número do voo, código da aeronave, origens, destinos, tempo de voo, distância percorrida e hora de partida.

**Companhias Aéreas:** empresas que operam voos a partir de Nova Iorque.

**Aeroportos:** FAA (código de identificação do aeroporto), nome do aeroporto de destino, latitude, longitude, altitude, fuso horário e horário de verão

**Aeronaves:** Número de identificação, ano de fabricação, tipo de aeronave, marca, modelo, quantidade de motores, assentos, velocidade média e tipo de motor

**Condições Climáticas:** Localização, data e hora, temperatura, umidade relativa do ar, direção, rajadas e velocidade do vento, precipitação, pressão, visibilidade e horário.

### 3.3 Diagrama de relação das informações pelas chaves de cruzamento

Para uma melhor compreensão das bases de dados e suas correlações, foi elaborado o seguinte diagrama, com as classificações dos tipos de variáveis:

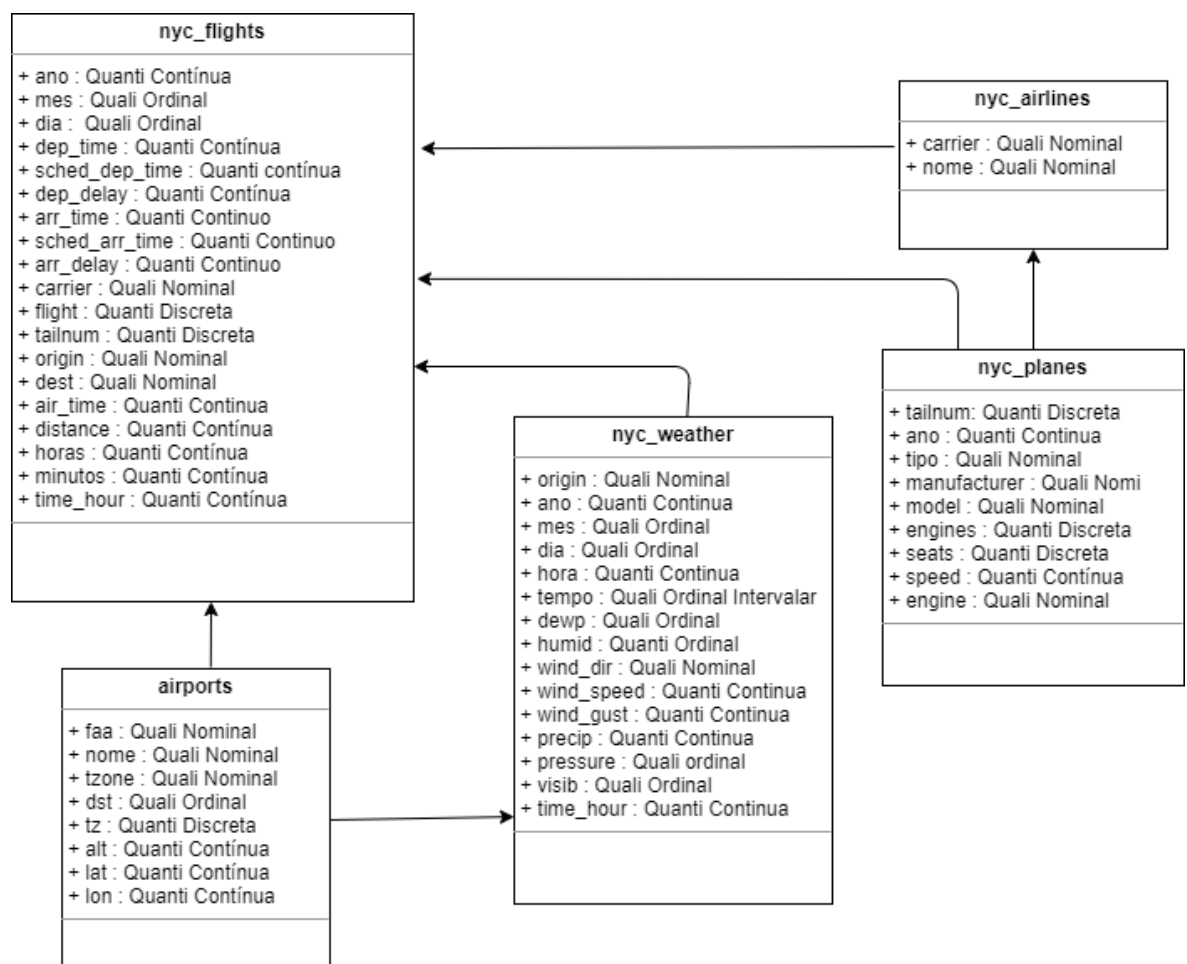


Figura 1: Diagrama de relações e Descrição das variáveis



#### 4. Análise I - Panorama geral sobre as dinâmicas dos voos

Com base nos dados coletados, foi possível realizar um levantamento geral sobre a dinâmica dos voos com origem nos três principais aeroportos de Nova Iorque. Os destaques mais relevantes para a análise deste estudo estão relatados na sequência.

##### 4.1 Número de Voos por aeroporto

Ao longo de 2013, os três principais aeroportos de Nova Iorque registraram 327.346 decolagens para destinos domésticos. Apesar de estruturas bem distintas entre eles, como área total e número de terminais, os locais tiveram números não tão distantes de voos operados no período.

Carrier	Total de voos
EWR	117.127
JFK	109.079
LGA	101.140

Tabela 1: quantidade de voos por aeroporto

##### 4.2 Voos por Companhias Aéreas por Aeroportos

Os dados apontam que as empresas que operaram a maior quantidade de voos foram, respectivamente, United Airlines (UA), JetBlue Airways(B6) e ExpressJet Airlines(EV). Na divisão por aeroportos, a UA liderou as partidas em Newark, enquanto a B6 liderou a quantidade de voos iniciados no John F. Kennedy. Já em La Guardia, a Delta Airlines (DL) foi a líder em número de partidas no período.

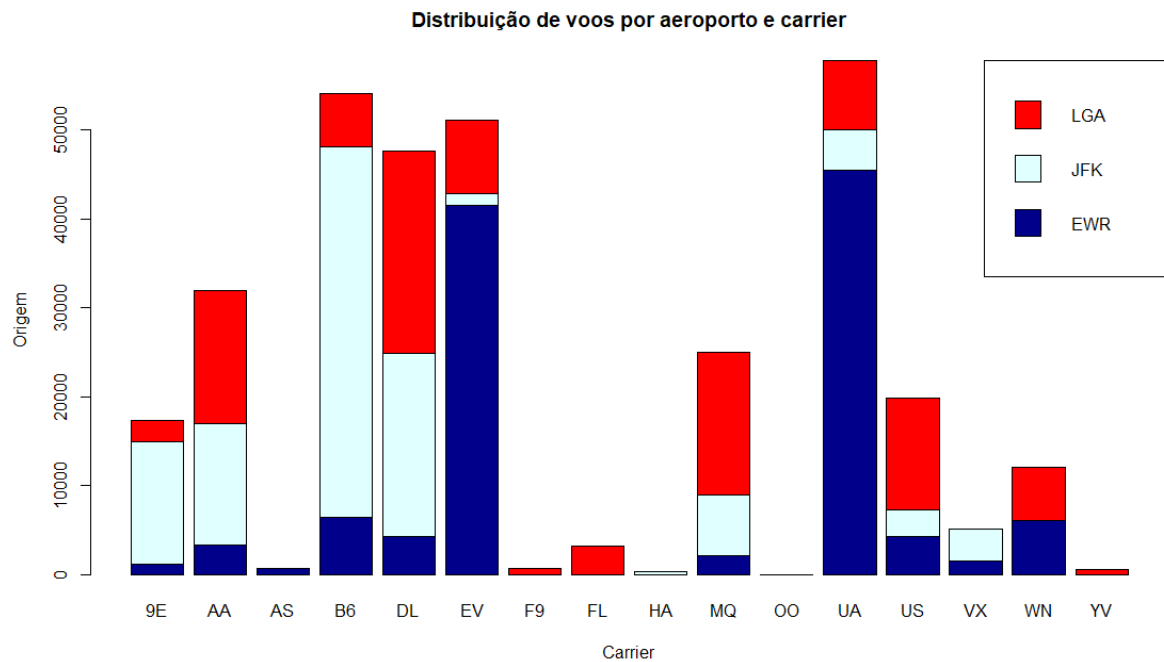


Gráfico 1: Distribuição de voos por aeroporto e empresa aérea

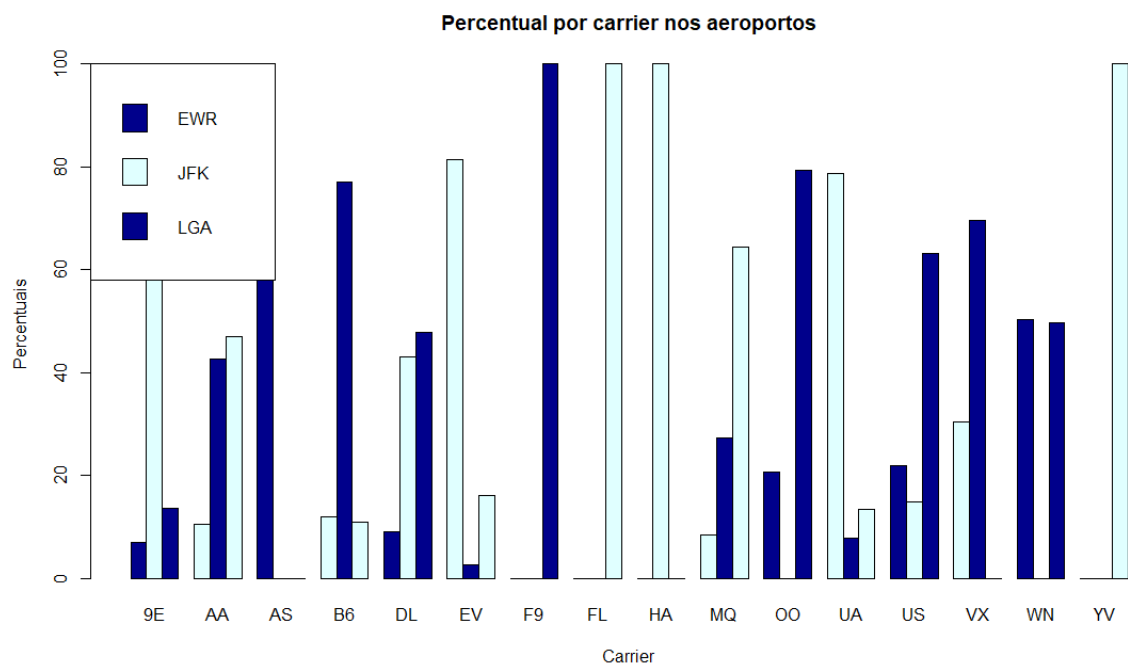


Gráfico 2: Percentual empresa aérea por aeroporto

### 4.3 Momentos de maior demanda

Os atrasos costumam ocorrer em momentos de maior pressão operacional. A seguir, um detalhamento sobre os momentos de maior demanda nas partidas dos três aeroportos ao longo de 2013.

### 4.4 Horário de maior demanda

De acordo com a base apresentada e considerando os três aeroportos (JFK, EWR e LGA), o intervalo de horas de maior demanda será entre 6:00 - 8:00 da manhã e o de menor demanda entre 21h30 e 23h.

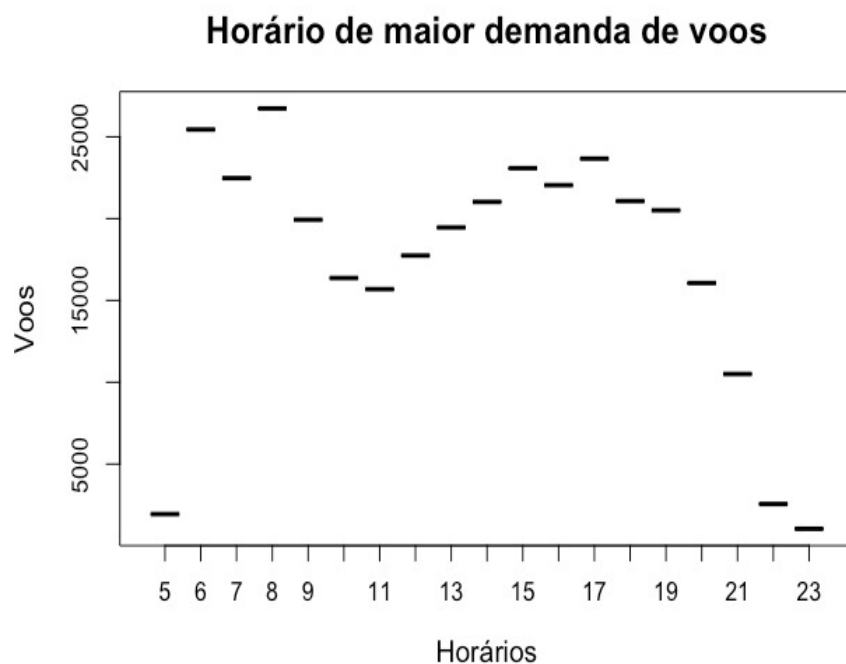


Gráfico 3: Horário de maior demanda de voos

### 4.5 Semana de maior demanda

A demanda aconteceu de uma forma decrescente, sendo a maior demanda nos primeiros dias segunda-feira e terça-feira, diminuindo um pouco na quarta-feira, quinta-feira e sexta-feira e sábado apresentou a menor demanda.

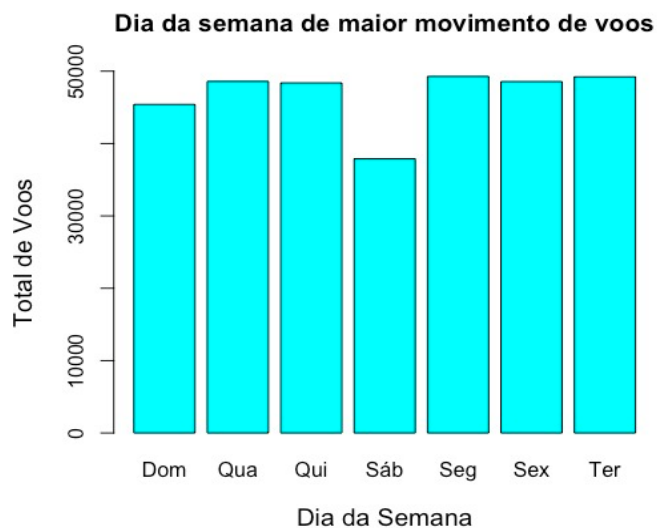


Gráfico 4: Dia da semana de maior demanda

#### 4.6 Mês de maior demanda

Considerando a soma dos três aeroportos EWR, JFK e LGA a maior demanda ocorreu no mês de agosto durante o período das férias de verão. Um total de 28.756 voos.

Um olhar mais detalhado dos dados, e analisando o mês de maior demanda por aeroporto, cada um deles apresentou mês distinto conforme quadro abaixo:

Aeroportos	Mês de maior demanda	Número de Voos	%
EWR	Maio	10.303	9%
JFK	Agosto	9.870	9%
LGA	Outubro	9.516	9%

Tabela 2: Mês de maior demanda

De acordo com o calendário de feriados dos EUA de 2013, Maio comemora-se Memorial's Day (colocar que é sempre segunda-feira) e início do verão, Outubro Columbus Day e Agosto não há um feriado específico, mas é o período de férias de verão. Em Nova York, o Columbus Day não é considerado feriado.

#### 4.7 Duração e Distâncias Típicas de Voo

A partir da análise da duração e distâncias dos voos, podemos perceber como as empresas aéreas se apresentam neste critério.

Em ambos os critérios, primeiro analisamos as médias de duração e distância de voos por origem, de acordo com a tabela 3.

Origem	Duração	Distância
LGA	1,92	1.226
JFK	2,48	1.720
EWR	2,17	1.403

Tabela 3: Duração e Distância dos voos por aeroporto

Em seguida, manipulamos os dados por empresa aérea e verificamos que das 16 empresas aéreas, 50% delas partem dos 3 aeroportos e que observando a tabela 4 a empresa que mostrou uma duração de voo muito fora da média foi a Hawaiian Airlines Inc, com uma duração de 10 horas e 36 min para percorrer uma distância de aproximadamente 8.000KM no trajeto Nova York x Honolulu.

Carrier	Aeroporto	Duração	Distância
AirTran Airways Corporation	LGA	1,82	1226,32
Alaska Airlines Inc.	EWR	5,40	3865,64
American Airlines Inc.	EWR	3,12	2208,02
American Airlines Inc.	JFK	3,45	2571,73
American Airlines Inc.	LGA	2,47	1763,84
Delta Air Lines Inc.	EWR	1,87	1200,57
Delta Air Lines Inc.	JFK	4,27	3202,59
Delta Air Lines Inc.	LGA	2,28	1549,80
Endeavor Air Inc.	EWR	1,57	915,72

Endeavor Air Inc.	JFK	1,18	687,19
Endeavor Air Inc.	LGA	1,60	1041,25
Envoy Air	EWR	1,85	1157,12
Envoy Air	JFK	1,15	683,97
Envoy Air	LGA	1,43	807,89
ExpressJet Airlines Inc.	EWR	1,53	915,72
ExpressJet Airlines Inc.	JFK	0,78	366,93
ExpressJet Airlines Inc.	LGA	1,12	674,32
Frontier Airlines Inc.	LGA	3,82	2607,14
Hawaiian Airlines Inc.	JFK	10,36	8019,36
JetBlue Airways	EWR	2,27	1507,96
JetBlue Airways	JFK	2,38	1654,41
JetBlue Airways	LGA	2,42	1665,67
Mesa Airlines Inc.	LGA	0,94	368,54
SkyWest Airlines Inc.	EWR	2,58	1622,22
SkyWest Airlines Inc.	LGA	1,13	674,32
Southwest Airlines Co.	EWR	2,19	1403,35
Southwest Airlines Co.	LGA	1,97	1187,70
United Air Lines Inc.	EWR	3,13	2253,08
United Air Lines Inc.	JFK	5,63	4161,76
United Air Lines Inc.	LGA	3,08	2278,83
US Airways Inc.	EWR	1,45	851,34
US Airways Inc.	JFK	1,55	870,66
US Airways Inc.	LGA	0,73	344,40
Virgin America	EWR	5,58	4127,97

Virgin America	JFK	5,63	3983,13
----------------	-----	------	---------

Tabela 4:Duração e Distância de voos por empresa aérea

## 5. Análise II - Atrasos

Para este estudo, foi definido que o atraso é a ocorrência da diferença do horário entre a decolagem (departure) e o horário previsto (schedule) > 0. Ou seja, se o voo não saiu até a hora efetivamente prevista, ele já estará atrasado.

Esta definição pode ser considerada o padrão-ouro no que se refere a atrasos. Neste estudo, foi estabelecido um critério rigoroso para o conceito de voos protelados justamente para que os resultados retirados a partir daqui sejam os melhores possíveis para efeito de otimização da estrutura aeroportuária. Contudo, as legislações vigentes toleram atrasos de até 30 minutos entre o horário previsto e o horário de fato de uma decolagem, sem incidência de multas ou penalidades para as companhias aéreas.

### 5.1 Quantidade de voos com atraso por Empresa Aérea

Os dados da tabela 5 revelam que, segundo o critério adotado aqui, houve uma média registrada de até 54% de voos atrasados pelas companhias aéreas, o que impacta diretamente os custos operacionais dos aeroportos e a vida direta dos passageiros.

É importante ressaltar que os dados obtidos neste tópico não servem para comparar diretamente as taxas de atraso das empresas aéreas, dado que a proporção da quantidade total de voos pode ser bastante distinta.

Carrier	Ttl de Voos	Voos Atrasados	%
Southwest Airlines Co.	12.044	6.535	54%
AirTran Airways Corporation	3.175	1.647	52%
Frontier Airlines Inc.	681	340	50%
United Air Lines Inc.	57.782	27.125	47%
ExpressJet Airlines Inc.	51.108	22.976	45%
Virgin America	5.116	2.216	43%

Mesa Airlines Inc.	544	232	43%
Endeavor Air Inc.	17.294	6.980	40%
JetBlue Airways	54.049	21.372	40%
Delta Air Lines Inc.	47.658	15.186	32%
Envoy Air	25.037	7.966	32%
Alaska Airlines Inc.	709	225	32%
American Airlines Inc.	31.947	10.105	32%
SkyWest Airlines Inc.	29	9	31%
US Airways Inc.	19.831	4.762	24%
Hawaiian Airlines Inc.	342	69	20%

Tabela 5: Voos com atraso por empresa aérea

## 5.2 Qual é o aeroporto mais pontual e qual é o mais atrasado

Respeitadas as devidas proporções de fluxo de voos registrados em cada aeroporto, é possível notar que o aeroporto de Newark teve um percentual ligeiramente superior de atrasos, em comparação ao JFK. A pontualidade do La Guardia que EWR tem o pior índice de pontualidade enquanto o LGA tem a melhor pontualidade registrada em 2013.

É possível inferir que a área e o número de terminais não é um fator preponderante para o registro de atrasos. Newark não é o maior nem o menor aeroporto dos três, mas conseguiu registrar um número maior de voos atrasados. Uma análise mais detalhada, envolvendo condições de infraestrutura, número de funcionários e outras variáveis podem ajudar a explicar tais resultados.

Carrier	Total de voos	Total voos atrasados	%
EWR	117.127	52.414	45%
JFK	109.079	41.833	38%
LGA	101.140	33.498	33%

Tabela 6: Porcentagem de atrasos



## 6. Análise III - Top 5 Cias Aéreas

Como as companhias aéreas com maior quantidade de voos operados se saíram no período? Neste tópico vamos ver a correlação entre a quantidade de voos e como aconteceu a operação dessas empresas. Para isso, foi executada uma análise do panorama de voos, no que se refere a distâncias e durações típicas, caracterização, tipo e idade da frota.

Ranking	Carrier	Total de Voos
1	United Air Lines Inc.	57.782
2	JetBlue Airways	54.049
3	ExpressJet Airlines Inc.	51.108
4	Delta Air Lines Inc.	47.658
5	American Airlines Inc.	31.947

Tabela 7: Ranking Top 5 empresas aéreas

### 6.1 Distâncias e Durações de Voos

As empresas United Airlines e American Airlines registraram os voos mais longos e a empresa Express Jet Airline faz os mais curtos. Como os dados são referentes apenas a voos domésticos, os voos mais longos foram aqueles que cruzaram os EUA de costa a costa. Nova Iorque está situada na costa leste norte-americana, e os voos com maiores distâncias tinham como destino o Havaí (arquipélago localizado no Oceano Pacífico) e o estado de São Francisco, na costa oeste.

Carrier	Aeroporto	Duração (Em horas)	Distância (Em KM)
American Airlines Inc.	EWR	3,12	2.208
American Airlines Inc.	JFK	3,45	2.572
American Airlines	LGA	2,47	

Inc.			1.764
Delta Air Lines Inc.	EWR	1,87	1.201
Delta Air Lines Inc.	JFK	4,27	3.203
Delta Air Lines Inc.	LGA	2,28	1.550
ExpressJet Airlines Inc.	EWR	1,53	916
ExpressJet Airlines Inc.	JFK	0,78	367
ExpressJet Airlines Inc.	LGA	1,12	674
JetBlue Airways	EWR	2,27	1.508
JetBlue Airways	JFK	2,38	1.654
JetBlue Airways	LGA	2,42	1.666
United Air Lines Inc.	EWR	3,13	2.253
United Air Lines Inc.	JFK	5,63	4.162
United Air Lines Inc.	LGA	3,08	2.279

Tabela 8: Duração e Distâncias de Voo por empresa aérea

## 6.2 Frota

A quantidade de aeronaves disponibilizadas pelas companhias aéreas também é um fator importante na operação dos aeroportos. Atrasos podem estar relacionados diretamente ao tempo de reposição de uma peça, eventuais quebras, reajustes na malha aérea decorrentes do clima, entre outras situações. Por isso, seguem algumas observações importantes sobre as aeronaves.

### 6.3 Idade da Frota

Foi verificado que, em 2013, as empresas aéreas possuíam uma frota consideravelmente antiga. A American Airlines, por exemplo, realizou um número significativo de voos com aviões de 26 anos de operação, enquanto as outras tinham aeronaves com operação de 7 a 15 anos. Também foi observado que empresas como a Jetblue e a United Airlines estão preocupadas com a renovação de suas frotas, com aeronaves novas (menos de um ano de uso).

Carrier	Idade da frota (mais antigo e mais novo)	Ano de fabricação da aeronave mais utilizada em voos	Idade da aeronave mais utilizada	Ano de fabricação da aeronave menos utilizada em voos	Idade da aeronave menos utilizada
America Air Lines	1953- 2007	1987	26	1978	35
Desta	1975 - 2010	2001	12	2005	8
Express	1997 - 2009	2002	11	2007	6
Jet Blue	1999 - 2013	2006	7	1999	14
Unites Air Lines	1965 - 2013	1998	15	1965	48

Tabela 9: Idade da Frota

### 6.4 Tipo de Motor

As cinco principais companhias aéreas utilizam aviões multimotor, que possuem maior eficiência e estão presentes nos modelos mais utilizados. A American Airlines e a JetBlue contam com aeronaves monomotores e aviões turboélice.

Carrier	Tipo de motor
American Airlines Inc.	Fixed wing multi engine Fixed wing single engine Rotorcraft
JetBlue Airways	Fixed wing multi engine Fixed wing single engine Rotorcraft

Delta Air Lines Inc.	Fixed wing multi engine
ExpressJet Airlines Inc.	Fixed wing multi engine
United Air Lines Inc.	Fixed wing multi engine

Tabela 10: Tipo da Frota

## 6.5 Fabricante

Com relação aos fabricantes, o top 5 é dominado por aeronaves da Airbus e da Boeing. Três companhias aéreas utilizam aeronaves dessas marcas. A Embraer também se encontra em posição de destaque, com aeronaves em duas das companhias aéreas líderes.

Carrier	Fabricantes com maior número de voos
American Airlines Inc.	Boeing, McDonnell Douglas
Delta Air Lines Inc.	Airbus e Boeing
ExpressJet Airlines Inc.	Embraer
JetBlue Airways	Airbus e Embraer
United Air Lines Inc.	Boeing, Airbus

Tabela 11: Fabricante das Frotas

## 7. Análise IV – Análises Complementares

Neste tópico de análises complementares, foram avaliadas as variações climáticas e suas possíveis correlações nos atrasos registrados nas partidas nos aeroportos Newark International Airport, La Guardia Airport e o John F. Kennedy International Airport ao longo do ano de 2013.

Na base nyc\_weather foram analisados os dados sobre temperatura e visibilidade. Dos 26.115 registros contidos nessa população, foram utilizados uma amostra com 4.980 registros amostrados com o critério, onde foram filtrados e descartados os que continham registros nulos (Missing Values).

Foi utilizada como chave de associação entre os dados de voos e clima as informações de data e hora dos registros das ocorrências. Os critérios de relacionamento entre os voos em atrasos e os elementos climáticos, citados acima, tem como objetivo a identificação das interferências de natureza ambiental mais relevantes que são importantes no atraso dos voos nos aeroportos objetos de estudos deste trabalho.

## 7.1 Temperaturas

Foram utilizadas no escopo de análise apenas as temperaturas mais baixas. Como critério de corte no filtro das temperaturas, utilizamos apenas os dados contidos no Primeiro Quartil - Q1 da amostra delimitada na análise da base nyc\_weather. Ou seja, serão interpretadas apenas as temperaturas, numa sub-amostra (Q1), compreendidas entre as aferições de 1.70 Graus Celsius e a mínima identificada de -11.10 Graus Celsius.

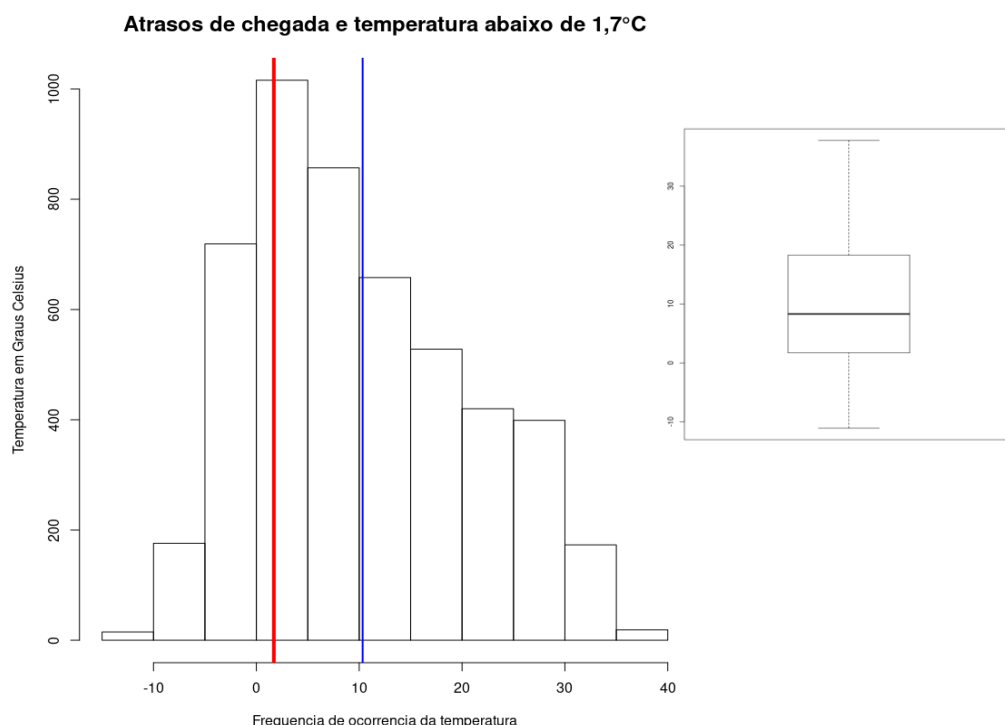


Gráfico 5: Atrasos de chegada e temperatura abaixo de 1,7

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
-11.10	1.70	8.30	10.33	18.30	37.80

Como resultado final foi identificado que os valores das baixas temperaturas contidas no Primeiro Quartil - Q1 do boxplot da amostra da tabela nyc\_weather se

mostraram dentro dos padrões normais. Não sendo um agente natural que tenha implicações negativas dos atrasos ocorridos nos voos de chegada e nos voos de partida neste ano de 2013.

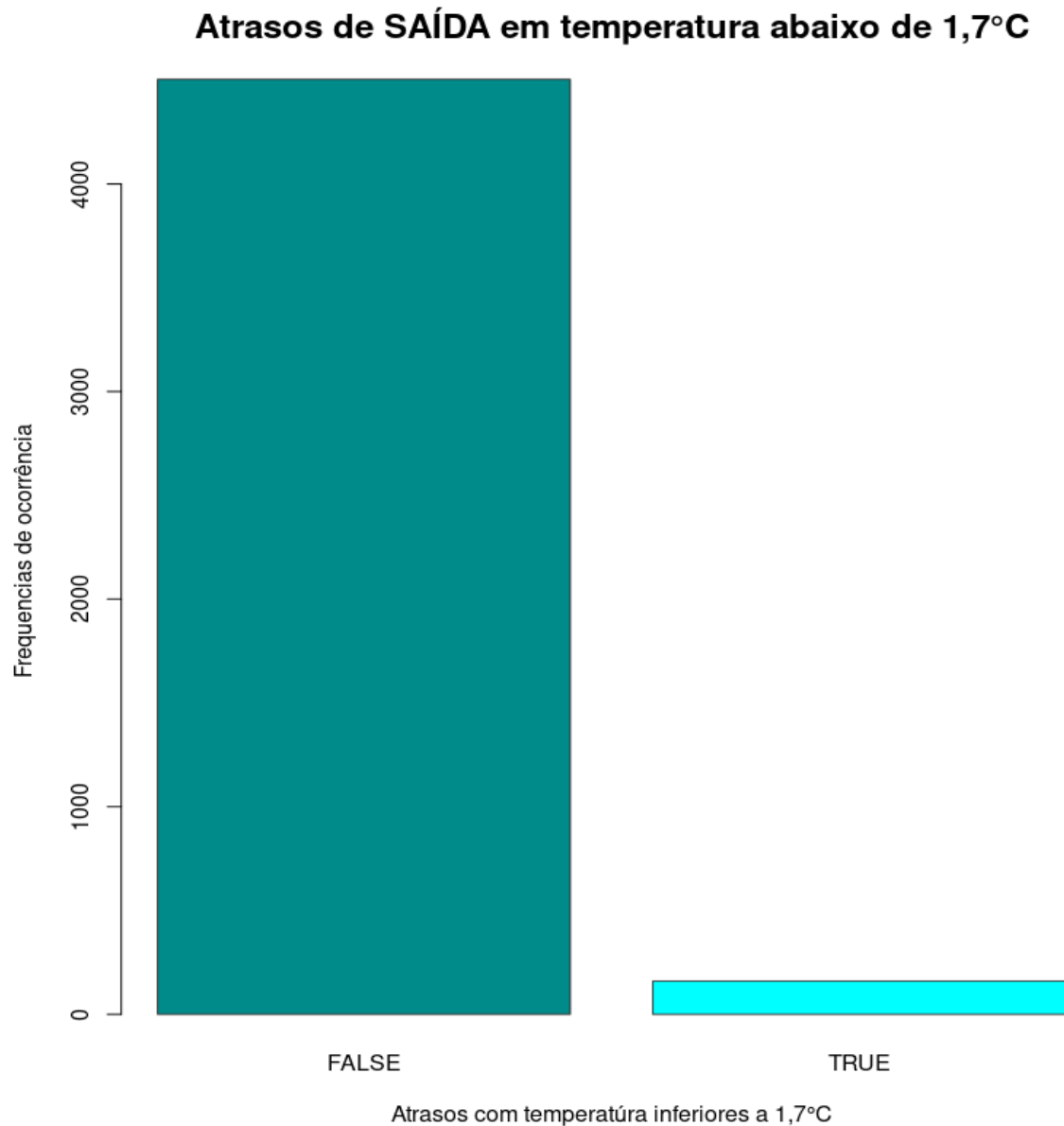


Gráfico 6: Atrasos de saída com temperatura inferior a 1,7°

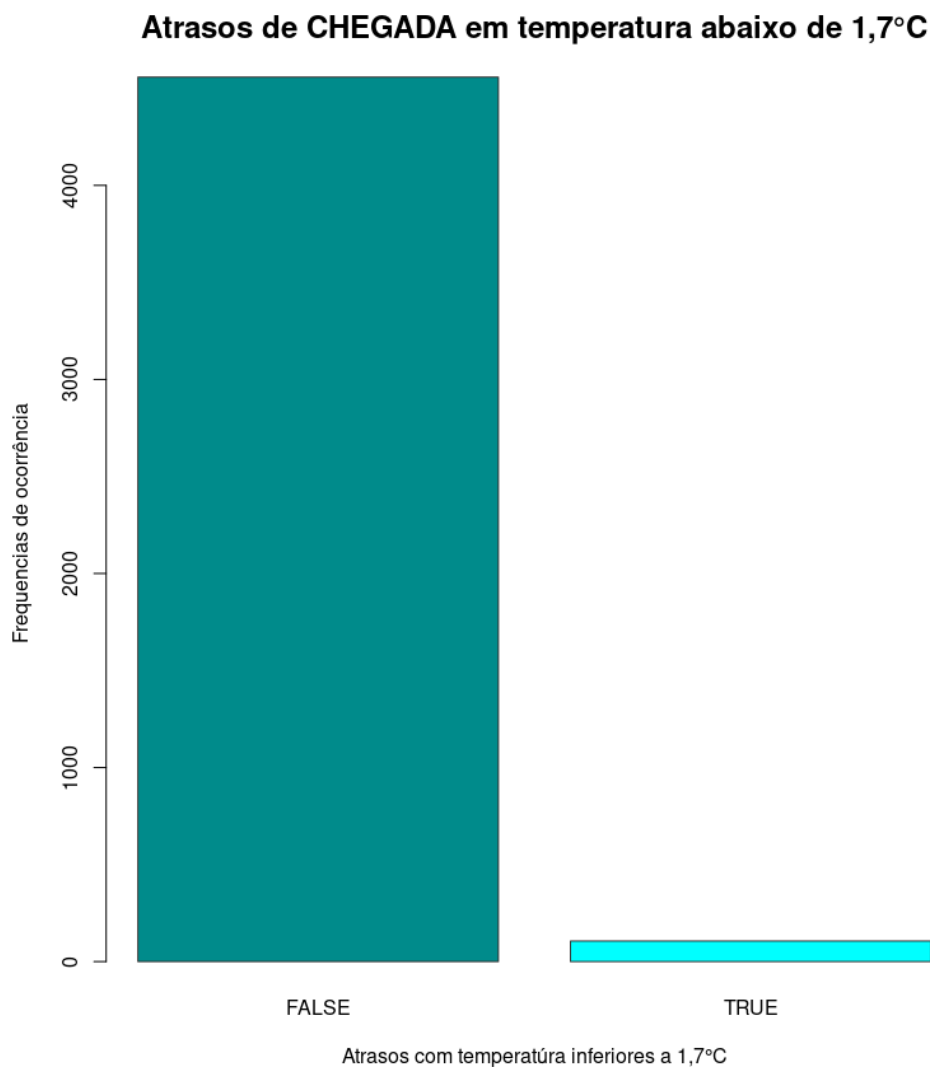


Gráfico 7: Atrasos de chegada com temperatura abaixo de 1,7

## 7.2 Atrasos de chegada e de saída

Como resultado das observações dos elementos climáticos, foi identificado nos gráficos acima que a diferença entre o somatório dos atrasos dos voos de chegada (106 voos) e dos voos de saída (160 voos) dessa amostra (tópico 4.6.1) correspondiam a quase um terço.

Partido da premissa de que voos que chegam atrasados tendem a sair atrasados, essa análise mostrou que o motivo dos atrasos não advinha somente nos voos dos aeroportos de origem. Existe sim uma boa parte de atrasos gerados nos aeroportos listados nesta pesquisa.

A diferença dos números de voos de saída com os de partida, levou essa equipe a realizar uma nova comparação.

Abaixo segue o gráfico com a frequência de atrasos de voos que já chegam atrasados nestes aeroportos e dos voos que tiveram a motivação dos atrasos nos aeroportos de Newark International Airport, La Guardia Airport e o John F. Kennedy International Airport.

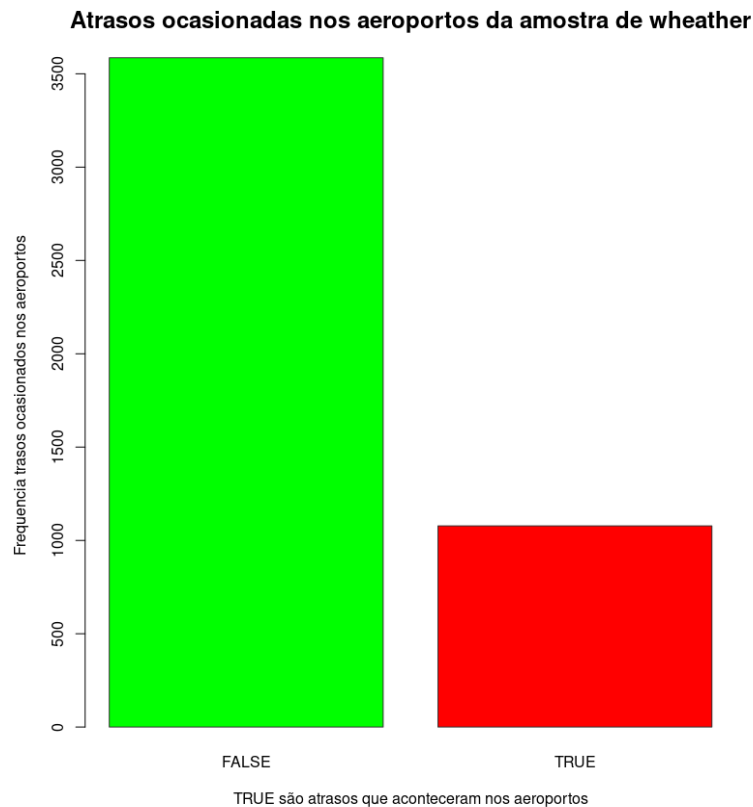


Gráfico 8: Atrasos ocasionados nos aeroportos da amostra de wheather

### 7.3 Visibilidade

Ao analisar a visibilidade registrada, a maioria quase absoluta dos voos operados ao longo de 2013 tinha boas condições. Considerando que a amostragem de voos com condições desfavoráveis de partida é baixa, não é possível concluir que essa variável foi decisiva para o número de atrasos.



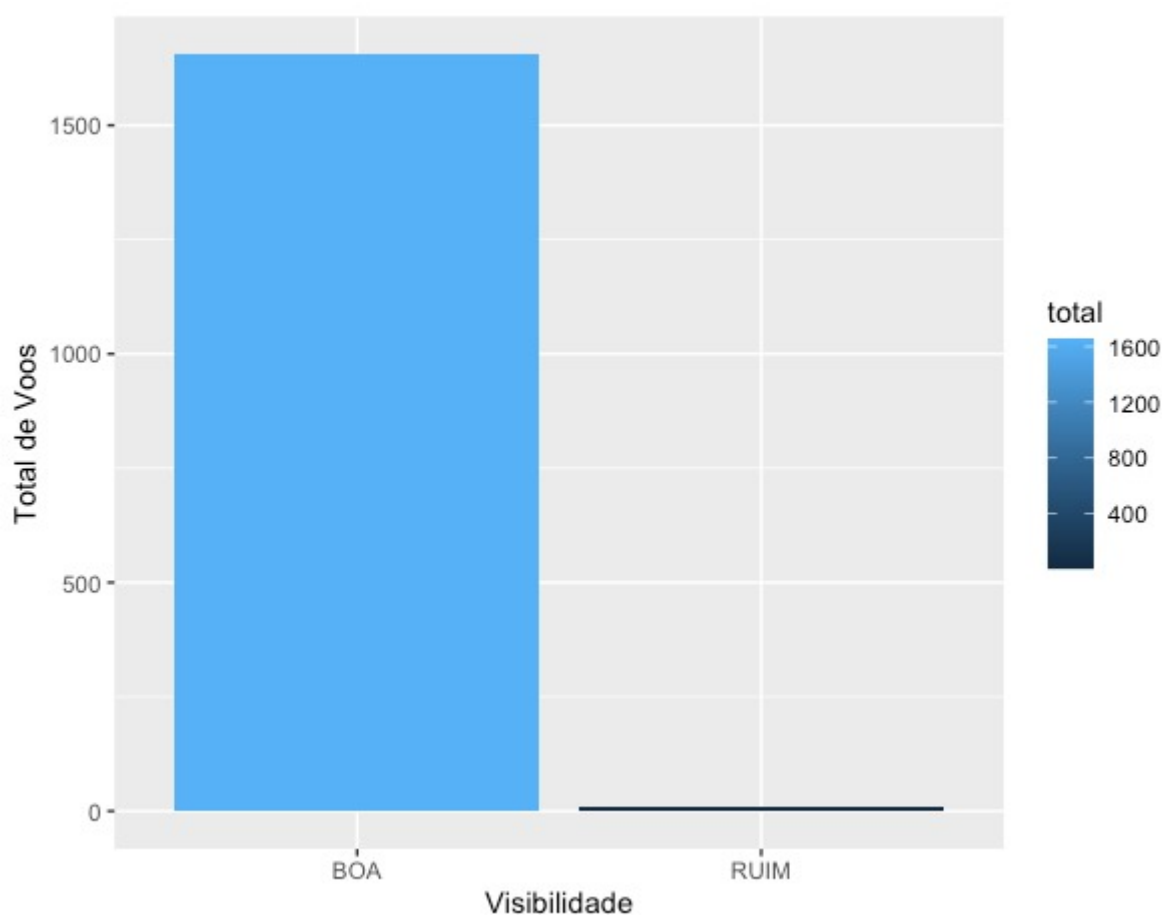


Gráfico 9: Condições de visibilidade ao longo de 2013

## 8. CONCLUSÃO

Com base nos dados levantados, é possível traçar algumas definições sobre os atrasos nos voos. Tais informações deverão servir de subsídio tanto para tomada de decisão por parte dos gestores dos aeroportos quanto para ressaltar a necessidade de estudos e levantamentos mais aprofundados.

Com relação ao uso dos aeroportos, percebe-se que existe uma boa distribuição entre as decolagens realizadas em LGA, JFK e EWR. A operação também está bem distribuída: 50% das companhias aéreas analisadas aqui operam decolagens domésticas nos três aeroportos.

Foi identificada uma linearidade entre a distribuição de voos pelos dias da semana. Com exceção de uma queda aos sábados, os demais dias possuem uma quantidade de voos iniciados semelhantes.

Já com relação aos horários, infere-se que os aeroportos não possuem operação noturna, sem registros de voos entre 23h e 5h. Nos horários de pico, entre 6h e 8h, existe uma necessidade de atenção maior, já que o volume de voos atrasados pode acarretar um efeito cascata que gera prejuízos para o resto do dia. É importante, portanto, que as companhias aéreas tenham uma atenção redobrada nesses horários.

O mês de maior demanda (agosto) exige a mesma atenção, com uma recomendação para um reforço das aeronaves com manutenção em dia no período, para evitar que quebras ou outros problemas operacionais causem atrasos durante a maior quantidade de voos. Este é o mês com maior volume de voos em Nova Iorque, embora os picos tenham sido diferentes em cada aeroporto, conforme mostra a tabela 2.

Outro ponto de atenção está na operacionalidade de Newark. Como o melhor aeroporto em termos de operação, é recomendado que estudos futuros sobre as práticas das empresas e da administração do aeroporto, para que elas possam ser replicadas aos demais aeroportos, respeitando suas especificidades.

É importante que as companhias aéreas estejam atentas à idade de suas frotas. Aeronaves com muito tempo de operação demandam uma atenção redobrada com manutenção, e ainda assim tendem a ter quebras inesperadas com maior probabilidade de aeronaves novas, gerando mais atrasos. Cabe um estudo complementar para analisar tais relações e se um número maior de aeronaves disponíveis pode impactar ou não nos atrasos.

## **9. REFERÊNCIAS**

Plataforma Kaggle. Disponível em: <https://www.kaggle.com/aephidayatuloh/nyc-flights-2013>. Acesso em: 27 de junho de 2021.