

# *Slots Aeroportuários e a Internalização do Congestionamento pelas Companhias Aéreas: Um Modelo Empírico do Gerenciamento Integrado de Atrasos e Cancelamentos de Voos no Brasil*

Victor de Abreu Pinheiro Miranda

Prof. Dr. Alessandro Vinicius Marques de Oliveira



# Roteiro

1. Objetivos
2. O Sistema de Slots
3. Revisão de Literatura
4. Modelo Econométrico
5. Resultados e Discussões



# Roteiro

1. Objetivos
2. O Sistema de Slots
3. Revisão de Literatura
4. Modelo Econométrico
5. Resultados e Discussões



# Objetivos

- Avaliar a eficácia das regras de *slots* em evitar a deterioração do serviço de qualidade oferecido aos passageiros levando em conta a internalização do congestionamento das companhias aéreas.
- Avaliar o efeito de reformas regulatórias e aquisições de *slots* sobre o incentivo das companhias em internalizar o congestionamento



# Roteiro

1. Objetivos
2. O Sistema de *Slots*
3. Revisão de Literatura
4. Modelo Econométrico
5. Resultados e Discussões



# O Sistema de *Slots*

1. *Slots* são horários de chegada ou de partida alocados para o movimento de uma aeronave numa data específica em um aeroporto coordenado (ANAC, 2014).
2. *Grandfather Rights* e *Use-it-or-loose-rule*
3. Internalização do Congestionamento vs Subutilização dos *Slots*



# Roteiro

1. Objetivos
2. O Sistema de *Slots*
3. Revisão de Literatura
4. Modelo Econométrico
5. Resultados e Discussões



# Determinantes de atrasos e cancelamentos

Mayer e Sinai (2003):

- *Hubs*



Atrasos



Cancelamentos





# Determinantes de atrasos e cancelamentos

Ater (2012):

- Largura dos *banks* e o *trade off* entre:

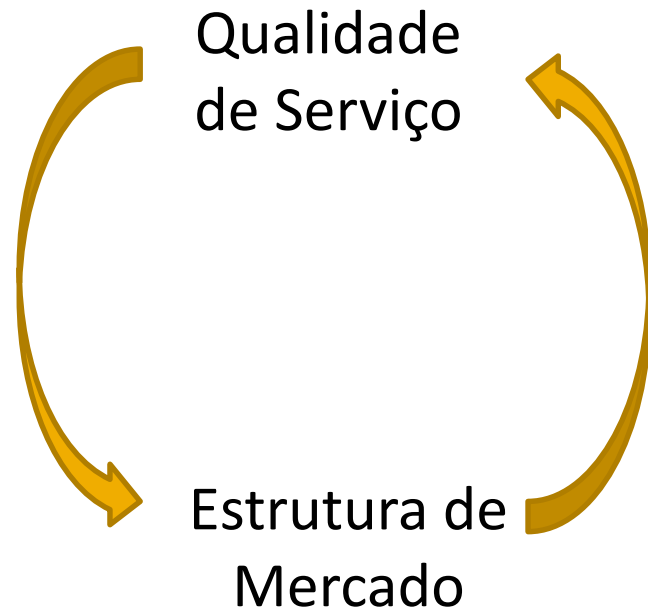


Custo de  
Congestionamento



Custo de Parada em  
Solo

Greenfield (2014):



# Determinantes de atrasos e cancelamentos

Greenfield (2014); Mazzeo (2003); Owens, Plumly (2006); Bendinelli et al (2016); Mayer, Sinai (2003); Bubalo, Gaggero (2015):

- Princípio da competição-qualidade nas rotas



Concorrência



Atrasos



# Gerenciamento Integrado de Atrasos e Cancelamentos

- Rupp (2005) – Cancelamentos não são eventos aleatórios
- Rupp & Holmes (2006) - Atrasos e cancelamentos como mercadorias complementares e substitutas
- Marla, Vaaben e Barnhart (2016) – *Trade off* entre custos associados a recuperação do cronograma e custos associados a atrasos



# Eficiência do sistema de *slots*

- GAO (2012):
  - I. *Slots* desalocados
  - II. Companhias aéreas não agendam voos em todos os seus *slots*
  - III. Companhias aéreas cancelam alguns voos já alocados
  - IV. Aeronaves de menor porte (Fukui, 2012)

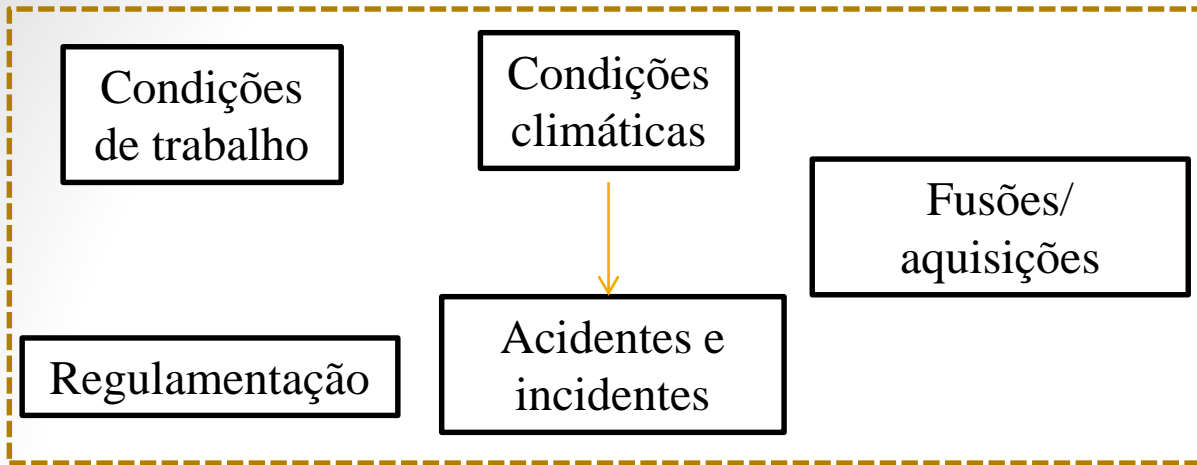


# Roteiro

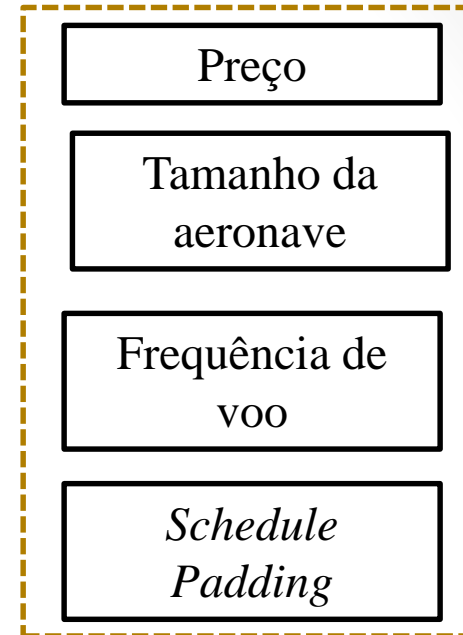
1. Objetivos
2. O Sistema de *Slots*
3. Revisão de Literatura
4. **Modelo Econométrico**
5. Resultados e Discussões



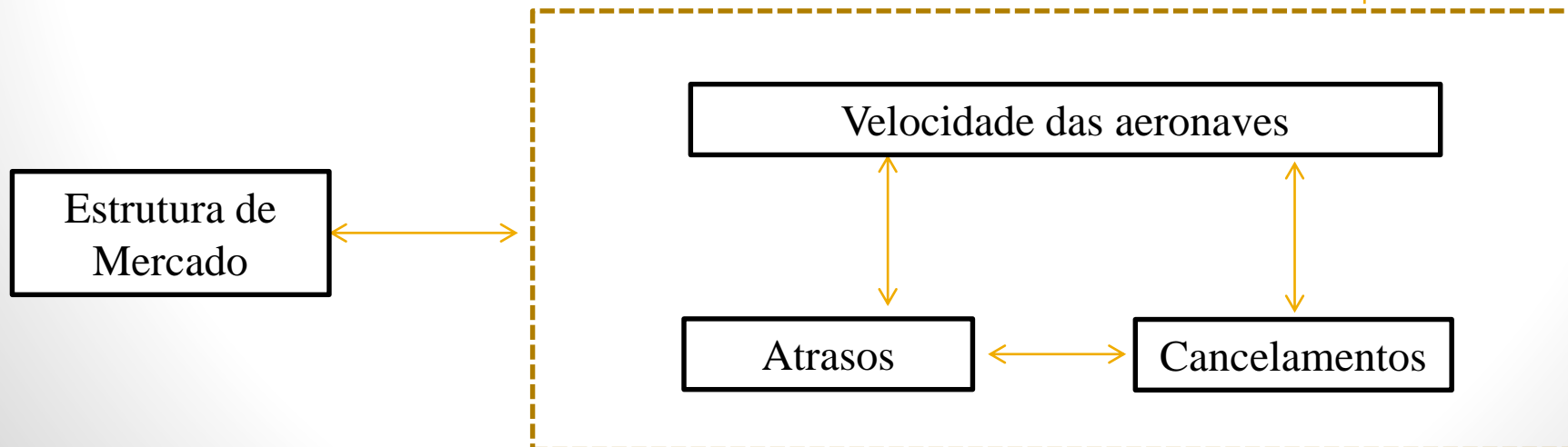
## Eventos Exógenos



## Qualidade do Serviço



## *Disruption Management*



# Modelo Empírico

$$\begin{aligned} &ODDS\ DIS_{kt} \\ &= (\beta_1 flights_{kt} + \beta_2 pax\ per\ flight_{kt} + \beta_3 max\ cities\ served_{kt}) \\ &+ (\beta_4 delay/cancel\ mgmt_{kt} + \beta_5 schedule\ padding_{kt} \\ &+ \beta_6 maxcity\ prop\ disrupt_{kt}) \\ &+ (\beta_7 codeshare\ majors_{kt} + \beta_8 city - pair\ HHI_{kt} + \beta_9 maxcity\ HHI_{kt}) \\ &+ (\beta_{10} slot\ flights\ HHI_{kt} + \beta_{11} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ acquisition_{kt} \\ &+ \beta_{12} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ reduction_{kt}) \\ &+ \gamma_k + \gamma_t + u_{kt} \end{aligned}$$



# Modelo Empírico

- Variáveis dependentes:

*I. ODDS DEL*

*II. ODDS CAN*

*III. ODDS DIS*

*IV. In aircraft size*

*V. In yield*





# Modelo Empírico

$$\begin{aligned} &ODDS DIS_{kt} \\ &= (\beta_1 \text{flights}_{kt} + \beta_2 \text{pax per flight}_{kt} + \beta_3 \text{max cities served}_{kt}) \\ &+ (\beta_4 \text{delay/cancel mgmt}_{kt} + \beta_5 \text{schedule padding}_{kt} \\ &+ \beta_6 \text{maxcity prop disrupt}_{kt}) \\ &+ (\beta_7 \text{codeshare majors}_{kt} + \beta_8 \text{city - pair HHI}_{kt} + \beta_9 \text{maxcity HHI}_{kt}) \\ &+ (\beta_{10} \text{slot flights HHI}_{kt} + \beta_{11} \text{slot flights HHI}_{kt} \times \text{slot acquisition}_{kt} \\ &+ \beta_{12} \text{slot flights HHI}_{kt} \times \text{slot reduction}_{kt}) \\ &+ \gamma_k + \gamma_t + u_{kt} \end{aligned}$$

*Flight Operations and Costs*



# Modelo Empírico

- *Flight Operations and Costs:*
  - I. Flights (endogenous)*
  - II. Pax per flight (endogenous)*
  - III. Max cities served*



# Modelo Empírico

$$\begin{aligned} &ODDS DIS_{kt} \\ &= (\beta_1 flights_{kt} + \beta_2 pax\ per\ flight_{kt} + \beta_3 max\ cities\ served_{kt}) \\ &+ (\beta_4 delay/cancel\ mgmt_{kt} + \beta_5 schedule\ padding_{kt} \\ &+ \beta_6 maxcity\ prop\ disrupt_{kt}) \\ &+ (\beta_7 codeshare\ majors_{kt} + \beta_8 city - pair\ HHI_{kt} + \beta_9 maxcity\ HHI_{kt}) \\ &+ (\beta_{10} slot\ flights\ HHI_{kt} + \beta_{11} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ acquisition_{kt} \\ &+ \beta_{12} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ reduction_{kt}) \\ &+ \gamma_k + \gamma_t + u_{kt} \end{aligned}$$

*Disruptions Management*



# Modelo Empírico

- *Disruptions Management:*
  - I. delay/cancel mgmt (endogenous)*
  - II. Schedule padding*
  - III. Max city prop disrupt*



# Modelo Empírico

$$\begin{aligned} &ODDS DIS_{kt} \\ &= (\beta_1 flights_{kt} + \beta_2 pax\ per\ flight_{kt} + \beta_3 max\ cities\ served_{kt}) \\ &+ (\beta_4 delay/cancel\ mgmt_{kt} + \beta_5 schedule\ padding_{kt} \\ &+ \beta_6 maxcity\ prop\ disrupt_{kt}) \\ &+ (\beta_7 codeshare\ majors_{kt} + \beta_8 city - pair\ HHI_{kt} + \beta_9 maxcity\ HHI_{kt}) \\ &+ (\beta_{10} slot\ flights\ HHI_{kt} + \beta_{11} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ acquisition_{kt} \\ &+ \beta_{12} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ reduction_{kt}) \\ &+ \gamma_k + \gamma_t + u_{kt} \end{aligned}$$

*Competition & Dominance*



# Modelo Empírico

- *Competition & Dominance:*
  - I. Codeshare majors*
  - II. City-pair HHI (endogenous)*
  - III. Max city HHI (endogenous)*



# Modelo Empírico

$$\begin{aligned} &ODDS DIS_{kt} \\ &= (\beta_1 flights_{kt} + \beta_2 pax\ per\ flight_{kt} + \beta_3 max\ cities\ served_{kt}) \\ &+ (\beta_4 delay/cancel\ mgmt_{kt} + \beta_5 schedule\ padding_{kt} \\ &+ \beta_6 maxcity\ prop\ disrupt_{kt}) \\ &+ (\beta_7 codeshare\ majors_{kt} + \beta_8 city - pair\ HHI_{kt} + \beta_9 maxcity\ HHI_{kt}) \\ &+ (\beta_{10} slot\ flights\ HHI_{kt} + \beta_{11} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ acquisition_{kt} \\ &+ \beta_{12} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ reduction_{kt}) \\ &+ \gamma_k + \gamma_t + u_{kt} \end{aligned}$$

*Slot Concentration*



# Modelo Empírico

- *Slot concentration:*
  - I. Slot flight HHI*
  - II. Slot flight HHI x slot acquisition*
  - III. Slot flight HHI x slot reduction*





# Modelo Empírico

$$\begin{aligned} &ODDS DIS_{kt} \\ &= (\beta_1 flights_{kt} + \beta_2 pax\ per\ flight_{kt} + \beta_3 max\ cities\ served_{kt}) \\ &+ (\beta_4 delay/cancel\ mgmt_{kt} + \beta_5 schedule\ padding_{kt} \\ &+ \beta_6 maxcity\ prop\ disrupt_{kt}) \\ &+ (\beta_7 codeshare\ majors_{kt} + \beta_8 city - pair\ HHI_{kt} + \beta_9 maxcity\ HHI_{kt}) \\ &+ (\beta_{10} slot\ flights\ HHI_{kt} + \beta_{11} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ acquisition_{kt} \\ &+ \beta_{12} slot\ flights\ HHI_{kt} \times slot\ reduction_{kt}) \\ &+ \gamma_k + \gamma_t + u_{kt} \end{aligned}$$

*Fixed Effects*



# Modelo

- Painel de dados
- 209 rotas de 2002 a 2013
- Estimação por efeitos fixos
- Tratamento de variáveis endógenas
- Estimadores: 2SGMM e 2SLS – HAC



# Roteiro

1. Objetivos
2. O Sistema de *Slots*
3. Revisão de Literatura
4. Modelo Econométrico
5. Resultados e Discussões



Variáveis	(1) ODDS DIS	(2) ODDS DEL	(3) ODDS CAN	(4) ln aircraft size	(5) ln yield
<u>Flight operations &amp; costs</u>					
flights	0.5271**	0.4657**	0.6075***	0.0150	-0.2587**
pax per flight	-0.0319	0.1063	0.1256	0.0876***	-0.1712**
max cities served	0.2849***	0.2636***	0.0816	0.0152	-0.1280***
<u>Disruption management</u>					
delay/cancel mgmt:					
prop cancelled flights		-0.2916**			
prop delayed flights			-0.5791***		

Variáveis	(1) ODDS DIS	(2) ODDS DEL	(3) ODDS CAN	(4) ln aircraft size	(5) ln yield
<u>Flight operations &amp; costs</u>					
flights	0.5271**	0.4657**	0.6075***	0.0150	-0.2587**
pax per flight	-0.0319	0.1063	0.1256	0.0876***	-0.1712**
max cities served	0.2849***	0.2636***	0.0816	0.0152	-0.1280***
<u>Disruption management</u>					
slot flights HHI	-0.0340**	-0.0398**	0.0121	0.0035	0.0227***

1. Atrasos mais frequentes em *hubs* (Mayer & Sinai, 2003)
2. Economia de escala

Tempo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R-quadrado ajustado	0.5718	0.5885	0.4037	0.7290	0.9295
Estatística RMSE	0.6014	0.6007	0.9453	0.0777	0.1935
Estatística KP	51.0324	28.7892	30.6681	11.9755	25.8049
P-valor estatística KP	< 0.0001	0.0171	0.0007	0.0351	0.0401
Mín est. F 1º estágio	12.7986	2.7799	8.1475	2.6427	2.0418
Média est. F 1º estágio	29.0229	16.6265	18.7395	23.4202	12.0699
Est. teste J	14.3474	13.1323	8.6289	0.9438	13.5981
P-valor teste J	0.3498	0.5161	0.4722	0.9182	0.4801
Nº observações	19,467	19,419	16,166	19,506	13,201

# 1. Efeito cascata (Mayer & Sinai, 2003; Rupp & Holmes, 2006)

## Disruption management

delay/cancel mgmt:

prop cancelled flights		-0.2916**			
prop delayed flights			-0.5791***		
prop disrupted flights				0.0393	0.2419***
schedule padding	-0.0259**	-0.0282**	-0.0408**	0.0130***	0.0095
max city prop disrupt	0.5960***	0.5306***	0.7873***		

## Competition & dominance

codeshare majors	-0.0649	-0.1070	0.2712***	-0.0522***	0.1170*
city pair HHH	-0.6052***	-0.6264***	0.4881**	0.0163	-0.1447

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Variáveis	<i>ODDS DIS</i>	<i>ODDS DEL</i>	<i>ODDS CAN</i>	ln aircraft size	ln yield

## Disruption management

delay/cancel mgmt:

prop cancelled flights		-0.2916**			
prop delayed flights			-0.5791***		
prop disrupted flights				0.0393	0.2419***
schedule padding	-0.0259**	-0.0282**	-0.0408**	0.0130***	0.0095
max city prop disrupt	0.5960***	0.5306***	0.7873***		

Média est. F 1º estágio	29.0229	16.6265	18.7395	23.4202	12.0699
Est. teste J	14.3474	13.1323	8.6289	0.9438	13.5981
P-valor teste J	0.3498	0.5161	0.4722	0.9182	0.4801
Nº observações	19,467	19,419	16,166	19,506	13,201

Variáveis	(1) <i>ODDS DIS</i>	(2) <i>ODDS DEL</i>	(3) <i>ODDS CAN</i>	(4) ln aircraft size	(5) ln yield
<u>Flight operations &amp; costs</u>					
flights	0.5271**	0.4657**	0.6075***	0.0150	-0.2587**
pax per flight	-0.0319	0.1063	0.1256	0.0876***	-0.1712**

1. Internalização do congestionamento (Brueckner, 2002; Mayer; Sinai, 2004; Ater, 2012)
2. *Hub Premium* (Borestein, 1989; Evans; Kessides, 1993; Hofer; Windle; Dresner, 2008)

<u>Competition &amp; dominance</u>					
codeshare majors	-0.0649	-0.1070	0.2712***	-0.0522***	0.1170*
city-pair HHI	0.6052***	0.6364***	0.4881**	0.0163	-0.1447
max city HHI	-0.4816***	-0.6196***	-0.7359***	0.1035**	0.3088***
<u>Slot concentration</u>					
slot flights HHI	-0.0340**	-0.0398**	0.0121	0.0035	0.0227***

Variáveis	(1) <i>ODDS DIS</i>	(2) <i>ODDS DEL</i>	(3) <i>ODDS CAN</i>	(4) ln aircraft size	(5) ln yield
<u>Competition &amp; dominance</u>					
codeshare majors	-0.0649	-0.1070	0.2712***	-0.0522***	0.1170*
city-pair HHI	0.6052***	0.6364***	0.4881**	0.0163	-0.1447
max city HHI	-0.4816***	-0.6196***	-0.7359***	0.1035**	0.3088***
<u>Slot concentration</u>					
slot flights HHI	-0.0340**	-0.0398**	0.0121	0.0035	0.0227***
Nº observações	19,467	19,419	16,166	19,506	13,201

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Variáveis	<i>ODDS DIS</i>	<i>ODDS DEL</i>	<i>ODDS CAN</i>	ln aircraft size	ln yield
<u>Slot concentration</u>					
slot flights HHI	-0.0340**	-0.0398**	0.0121	0.0035	0.0227***
slot flights HHI × slot acquisition	-0.0234**	-0.0109	-0.0051	-0.0033***	0.0115**
slot flights HHI × slot reduction	0.0153**	0.0108	0.0191**	0.0004	-0.0044
<u>dominance</u>					
codeshare majors	-0.0649	-0.1070	0.2712***	-0.0522***	0.1170*
city-pair HHI	0.6052***	0.6364***	0.4881**	0.0163	-0.1447
max city HHI	-0.4816***	-0.6196***	-0.7359***	0.1035**	0.3088***
<u>Slot concentration</u>					
slot flights HHI	-0.0340**	-0.0398**	0.0121	0.0035	0.0227***
slot flights HHI × slot acquisition	-0.0234**	-0.0109	-0.0051	-0.0033***	0.0115**
slot flights HHI × slot reduction	0.0153**	0.0108	0.0191**	0.0004	-0.0044

## 1. Diminuição da percepção de direito de propriedade

Media est. F T <sup>o</sup> estágio	29.0229	16.6265	18.7395	23.4202	12.0699
Est. teste J	14.3474	13.1323	8.6289	0.9438	13.5981
P-valor teste J	0.3498	0.5161	0.4722	0.9182	0.4801
Nº observações	19,467	19,419	16,166	19,506	13,201

# Conclusões

- Companhias estrategicamente gerenciam o *trade-off* entre atrasos e cancelamentos e empregam *schedule padding*.
- *Slots* podem fortalecer a internalização do congestionamento
- Aquisição de um considerável número de *slots* pode induzir *slot hoarding* pelas companhias dominantes
- Redução, por parte do regulador, da capacidade horária de *slots* no aeroporto pode moderar o efeito de internalização do congestionamento





# Limitações e Sugestões

- Presença de apenas um aeroporto controlado por *slots* na base de dados
- Gerenciamento integrado de tempo de voo e pontualidade das companhias aéreas, conforme Marla, Vaaben e Barnhart (2016)



# Perguntas?

