

# NOTA TÉCNICA

## AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PÁTIO DE ESTACIONAMENTO DE AERONAVES



### 1. FATORES QUE INFLUENCIAM A CAPACIDADE DOS PÁTIOS

A capacidade do pátio de aeronaves de um aeroporto depende de inúmeros fatores, dentre eles:

#### I. Posições de parada (Box)

- Dimensões – Diferentes envelopes (área da posição de estacionamento) comportam diferentes tipos de aeronaves.
- Quantidade – *ceteris paribus*, quanto maior o número de posições de parada, maior a capacidade do pátio.

#### II. Tempo de Permanência da Aeronave no pátio

*Ceteris paribus*, quanto maior o tempo de permanência da aeronave no pátio, menor será a capacidade do mesmo. Depende de características do aeroporto, da companhia aérea, da categoria da aeronave, do segmento ao qual a mesma pertence, etc.

#### III. MIX de Aeronaves

O “mix” representa a segmentação das aeronaves, em categorias, que operam no aeródromo em determinado período de tempo.

**Ex:** 10% aeronaves categoria A e B, 50% aeronaves categoria C, 15% categoria D e 25% categoria E.

A categoria da aeronave está relacionada com suas dimensões. A **Tabela 1** apresenta essa classificação.

Tabela 1: Classificação das Aeronaves segundo suas dimensões

CATEGORIA DA AERONAVE	ENVERGADURA (m)	DISTÂNCIA ENTRE OS BORDOS EXTERNOS DO TREM DE POUSO PRINCIPAL
A	MENOS DE 15	MENOS DE 4,5
B	DE 15 A 23	DE 4,5 A 5,9
C	DE 25 A 35	DE 6,0 A 8,9
D	DE 36 A 51	
E	DE 52 A 64	DE 9,0 A 13,9

*Ceteris paribus*, aeronaves maiores necessitam de maiores tempos de permanência no pátio.

O “mix”, além de alterar o tempo médio de permanência das aeronaves no pátio, pode modificar, também, a configuração de estacionamento, dependendo da realidade de cada aeroporto.

Por exemplo, 2 posições de parada que comportem aeronaves categoria E podem ser usadas, de forma alternativa para comportarem 3 aeronaves categoria C.

#### **IV. MIX de Segmento**

*Ceteris paribus*, aeronaves de vôos internacionais necessitam de maiores tempos no pátio.

#### **V. Restrições**

As restrições de operação em pátios podem ser inúmeras, dentre elas, podem-se mencionar a existência de:

- a. Posições destinadas apenas a vôos internacionais;
- b. Posições com capacidade de suporte apenas para aeronaves até determinada categoria.
- c. Posições preferenciais para aeronaves de determinada categoria
- d. Posições destinadas apenas para estadia de aeronaves, sem operações de embarque, desembarque, abastecimento, etc.

## 2. CAPACIDADE PARA UMA POSIÇÃO DE ESTACIONAMENTO

O número de posições de estacionamento necessárias em um pátio de aeronaves de aeroporto pode ser escrito da forma:

$$NP = \frac{V * T_m}{60 * U} \quad (1)$$

(Fonte: Adaptado de *Horonjeff & Mckelvey, 1993\**)

Onde:

NP: número de posições de parada

V: movimento máximo de aeronaves na hora pico (o mais crítico entre pousos e decolagens);

U: taxa de utilização do pátio – em projeto, utilizam-se valores entre 60% e 80%.\*\*

T<sub>m</sub>: tempo médio de ocupação das posições em minutos. Considerando que aeronaves diferentes ocupam as posições por tempos diferentes, T<sub>m</sub> pode ser escrito como:

$$T_m = \sum m_i * t_i \quad (2)$$

(Fonte: *Horonjeff & Mckelvey, 1993\**)

Onde:

m<sub>i</sub>: porcentagem da aeronave tipo "i" no mix, na hora pico;

t<sub>i</sub>: tempo médio de ocupação da aeronave tipo "i".

Pode-se afirmar que:

$$V = \frac{60 * U}{NP * T_m} \quad (3)$$

A movimentação horária máxima, ou seja, a capacidade horária de um pátio com uma posição de parada pode ser escrita da forma:

$$V = C = \frac{60 * U}{T} \quad (4)$$

Onde:

C: capacidade do pátio (apenas uma posição) em número de operações\*\* por hora.

T: tempo de permanência da aeronave na posição de parada em minutos.\*\*\*\*

\*Horonjeff, R. & Mckelvey, F. X., (1993), *Planning and Design of Airports*, 4th. Edition, New York, McGraw-Hill

\*\*É bem razoável afirmar que as posições do pátio não serão ocupadas 100% do tempo. Dentre os inúmeros fatores que contribuem para tal fato, destacam-se:

- Necessidade de existência de “tempo ocioso” entre as operações como forma de lidar com problemas, como o fato de uma aeronave permanecer mais tempo do que o previsto na posição de parada.
- Peculiaridades inerentes a cada aeroporto, como a existência de posição(ões) de parada para certa(s) companhia(s) aérea(s).

\*\*\*O número de operações no pátio é diferente do número de movimentos na pista (no aeroporto). Pensando-se no aeroporto como um todo, o número de movimentos em determinado período é o somatório do número de pousos e decolagens. Em determinado intervalo de tempo, uma mesma aeronave pousa e decola, contabilizando dois movimentos para o aeroporto, mas apenas uma operação no pátio. Para se projetar a quantidade de posições de para necessárias em um pátio, utiliza-se o maior número dentre pousos e decolagens (O número de pousos e decolagens em dado período não são necessariamente iguais).

\*\*\*\*O tempos de permanência dos diversos tipos de aeronaves (de acordo com a categoria e o segmento ao qual pertencem) nos pátios foram estimados a partir da base de dados “Histórico de Movimentação de Aeronaves: Relatório para ANAC”. Essa base de dados tem como fonte a INFRAERO e contém, dentre outros fatores, os horários de calço e descalço de cada aeronave. Para cada aeroporto, então, foi estimado o tempo médio de permanência para cada tipo de aeronave através dos dados reais dos tempos de permanência das aeronaves que utilizaram o respectivo pátio de aviação comercial entre os dias 1 de janeiro e 15 de setembro de 2009.

A capacidade de um pátio de aeronave, em número de movimentos (pousos + decolagens) pode ser descrita de acordo com a Equação 2:

$$C_{\text{pátio}} = \frac{\sum_{i=0}^n C_i}{R} \quad (5), \text{ onde:}$$

$C_{\text{pátio}}$ : capacidade do pátio em número de movimentos (pousos + decolagens) por hora.

R: maior valor entre % de pousos e % de decolagens de aeronaves na hora-pico\*

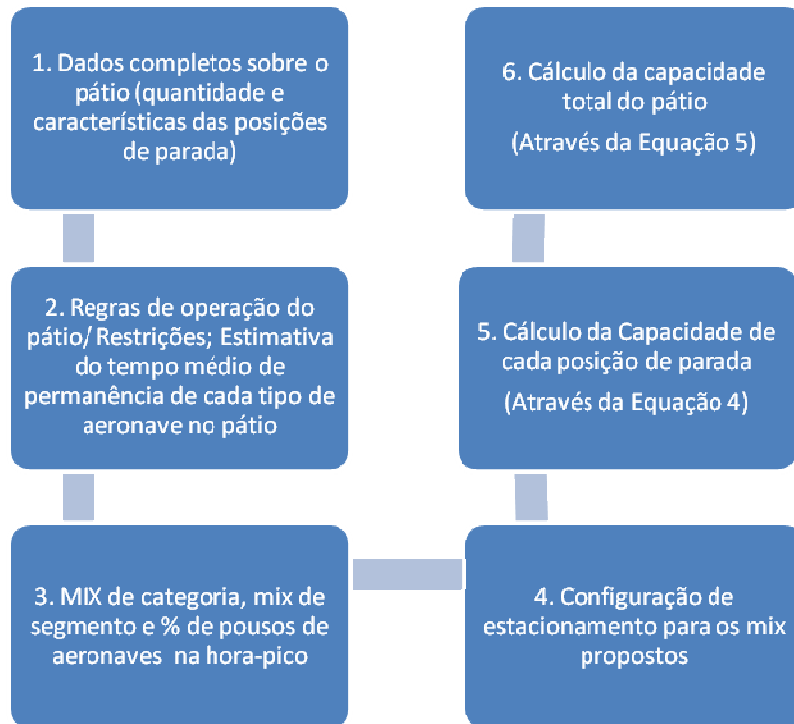
\*: *Considerando-se 50% de pousos na hora-pico, a capacidade do pátio em número de movimentos é o dobro da capacidade em número de operações no pátio. Uma mesma aeronave pousa, utiliza o pátio e decola dentro do intervalo da hora-pico. Entretanto, uma aeronave pode pousar na hora-pico, utilizar o pátio e decolar fora da hora-pico. Nesse caso, o número de pousos e decolagens na hora-pico são diferentes.*

$C_i$ : capacidade da posição de parada  $i$  em número de operações por hora.

$n$ : número de posições de estacionamento existentes no pátio

### 3. MÉTODO DE CÁLCULO DE CAPACIDADE DE PÁTIO DE AERONAVES

O método descrito a seguir, que utiliza dados específicos de cada aeroporto, foi confeccionado pela equipe do Instituto Tecnológico de Aeronáutica para a avaliação da capacidade de pátios de estacionamento de aeronaves.



**Figura 1:** Fluxograma de representação do método de cálculo da capacidade de pátios de estacionamento de aeronaves em aeroportos.

**Etapa 1:** Nessa etapa, são levantadas as características físicas do pátio

- Número de posições de estacionamento
- Área de cada posição
- Localização espacial de cada posição, etc.

**Etapa 2:** Nessa etapa são analisados:

- Os tempos médios de permanência de cada tipo de aeronave no pátio
  - Estimados a partir da base de dados de movimentação dos aeroportos (Fonte: INFRAERO), como descrito anteriormente.
- As regras de operação do pátio.
  - Exemplo: Aeronaves internacionais podem estacionar em um determinado conjunto de posições enquanto que aeronaves domésticas podem estacionar em outro conjunto de posições (com ou sem intercessão entre os conjuntos dependendo do pátio estudado)
- As restrições de operação existentes no pátio:
  - Exemplo 1: determinadas posições de estacionamento comportam aeronaves categoria C e D, mas não comportam aeronaves categoria E.
  - Exemplo 2: quando uma aeronave categoria E estaciona em determinada posição, não se pode estacionar nenhuma aeronave na(s) posição (ões) adjacente(s) à mesma.

**Etapa 3:** Nessa etapa, a hora-pico\* de movimentação do pátio de aviação comercial é encontrada a partir dos dados do SGTC e determinam-se:

- Mix de categoria e mix de segmento das aeronaves na hora-pico
- % de chegadas (pousos) e % de saídas (decolagens) na hora-pico

*\* Hora-Pico: Hora-pico do dia-pico do mês-pico (Hora mais movimentada do dia mais movimentado do mês mais movimentado).*

*Não é necessariamente a hora mais movimentada do ano.*

*A hora-pico de utilização do pátio não é necessariamente a hora-pico de movimentos (chegadas + saídas) e sim aquela com o maior número de operações, considerando apenas chegadas ou apenas saídas.*

**Número de operações<sub>pátio</sub> = Mator(Número de chegadas; Número de saídas)(6)**

*Por exemplo, a existência de 8 movimentos, com 6 chegadas e 2 saídas é mais crítica para o pátio que a existência de 10 movimentos, com 5 chegadas e 5 saídas.*

Para todos os aeroportos estudados, a hora-pico de movimentação do pátio de aviação comercial foi encontrada a partir dos dados do SGTC do ano de 2008. A exceção foi a hora-pico do Aeroporto de Cuiabá, encontrada a partir de dados do SGTC de janeiro a agosto de 2009.

**Etapa 4:** Nessa etapa, ocorre a alocação (fictícia, esquemática) de aeronaves no pátio, respeitando os seguintes critérios:

- O número de aeronaves a serem alocadas é aquele que maximiza o uso do pátio, ou seja, o maior\* número de posições de estacionamento deve receber aeronave.
  - \*Existem casos em que nem todas as posições poderão receber aeronaves. Exemplo 2 citado anteriormente: Se uma aeronave categoria E deve ser alocada a uma posição e existe restrição de operação na posição adjacente, não se pode alocar aeronave à última e essa permanecerá “vazia”.
- O mix de segmento e o mix de categoria das aeronaves alocadas no pátio devem ser os mais próximos possíveis dos mixes de segmento e categoria da hora-pico (Encontrados na Etapa 3)
- A alocação de aeronaves no pátio deve respeitar as regras de operação e restrições do mesmo.

**Etapa 5:** Após a alocação (fictícia, esquemática) de aeronaves no pátio, a capacidade (em operações por hora) de cada posição de estacionamento é calculada:

- Utilizando-se a Equação 4
- Utilizando-se o tempo médio de permanência estimado na Etapa 2.
  - Em cada posição existe um determinado tipo de aeronave (categoria e segmento). Para cada posição, então, existe um tempo de permanência associado.

**Etapa 6:** Após o cálculo da capacidade de cada posição, utiliza-se o valor de % de saídas/chegadas na hora-pico (encontrado na Etapa 3) na Equação 5 para se encontrar a capacidade total do pátio em número de movimentos (saídas + chegadas) por hora.

#### 4. UTILIZAÇÃO DO PÁTIO DE ESTACIONAMENTO DE AERONAVES

A utilização de cada pátio pode ser escrita da forma:

$$Utilização_{Pátio}(\%) = \frac{Movimentação_{Hora-pico}}{Capacidade(T)}$$

Onde:

- **Movimentação<sub>Hora-Pico</sub>**: representa o número de movimentos (chegadas + saídas) de aeronaves no pátio comercial do dado aeroporto na hora-pico. (Unidade: movimentos/hora-pico)
- **Capacidade**: é a capacidade do pátio em questão, calculada pela metodologia descrita nesse capítulo, em movimentos por hora.

O pátio estará saturado se a utilização do mesmo for superior a 100%, ou seja, se a movimentação na hora-pico for superior à sua capacidade.