

LOCALIZAÇÃO DE SAÍDAS RÁPIDAS DE PISTA: PROPOSTA DE NOVO MÉTODO

Cláudio Jorge Pinto Alves
Frank Cabral de Freitas do Amaral
Ronaldo Gonçalves de Carvalho
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

RESUMO

Diante da situação de crescimento acelerado de demanda e de dificuldades na construção de aeroportos, medidas que propiciem uma maior eficiência operacional são bem-vindas. A implantação de saídas de alta velocidade nas pistas de pouso pode gerar a redução do tempo de ocupação da pista por uma aeronave e assim aumentar a capacidade do sistema de pistas. No entanto é fundamental que a localização da mesma viabilize o uso de parcela significativa de aeronaves que operem no aeroporto. Neste trabalho, usando como estudo de caso o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, se desenvolve uma metodologia para avaliar a conveniência da localização de uma saída rápida de pista. As informações foram coletadas dos manuais das aeronaves em operação e o Método dos Três Segmentos da ICAO serviu de base para a análise. Os resultados mostraram as condições de peso de pouso de cada aeronave para se utilizar as saídas propostas. Com base nos resultados, é possível se elaborar uma análise benefício-custo para construção ou não de saídas de alta velocidade.

ABSTRACT

Given the situation of rapid growth of demand and difficulties in expanding airports, measures that allow greater operational efficiency are welcome. The insertion of high-speed exits on runways can generate reducing runway occupancy time by aircraft and thus increase the capacity of the runway system. However it is essential that the exit location makes possible the use of a significant group of aircraft operating at the airport. In this work, using as case study the Sao Paulo/Guarulhos International Airport, is proposed a methodology for assessing the appropriateness of the location of a high-speed exit. Information was collected from the aircraft manual and the Three Segments Method of the ICAO was the basis for analysis. The results showed the conditions of landing weight of each aircraft to use the studied exits. On this basis it is possible to develop a benefit-cost analysis for construction or not construction of this kind of infrastructure.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe da segunda rede de aeródromos dentre os países do mundo, são 759 aeródromos públicos (ANAC, 2011). É superado apenas pelos Estados Unidos. Mas, em termos de movimentação de voos regulares, o número de aeroportos cai a menos de 150 unidades. Um dos problemas está na concentração das operações comerciais em alguns poucos aeroportos que se tornam sobrecarregados. Praticamente metade da movimentação de passageiros no Brasil ocorre nos aeroportos de São Paulo (Guarulhos e Congonhas), Brasília e Rio de Janeiro (Tom Jobim). Excetuando esse último, os 3 demais apresentam restrições em suas operações atuais (McKinsey, 2010). Qualquer medida que venha a aumentar a capacidade do sistema é importante, tendo em vista as elevadas taxas de crescimento da demanda observada nesses últimos anos. Em 2010 essa taxa chegou a 20,4% em termos de passageiros-ano e a 15,5% em termos de número anual de pousos e decolagens (INFRAERO, 2011).

O complexo aeroportuário é composto por subsistemas: pistas, pátios, terminais, acesso viário, dentre outros. Neste trabalho o enfoque é sobre o sistema de pistas e as possíveis alternativas para ampliação da capacidade. Mais especificamente, a boa localização de saídas de pistas permite que as aeronaves que pousem, assim que estejam em velocidade adequada, possam liberar a pista para que a mesma permita outras operações. A capacidade do sistema de pistas depende, portanto, do tempo médio de ocupação das pistas. Esse tempo depende do tipo de aeronave em operação (que varia a velocidade de aproximação), do seu peso de

aterrissagem e da configuração das saídas de pista.

Os objetivos deste trabalho foram o de apresentar os métodos disponíveis na literatura e aplicá-los ao sistema de pistas do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos e discutir as suas adequações. A escolha deste aeroporto veio em função do seu atual nível de operação e da relevância que ganhos marginais de capacidade de pista podem propiciar ao aeroporto.

2. MÉTODOS PARA LOCALIZAÇÃO DE SAÍDAS DE PISTA

No Brasil, tem-se utilizado dois métodos para identificação do ponto de saída das pistas de pouso para as saídas de alta velocidade: o método da ICAO e o método INFRAERO, descritos na sequência. A incongruência dos resultados observados para o aeroporto em estudo, estimulou o estabelecimento de um método híbrido.

2.1. Fatores Contribuintes

O posicionamento adequado de uma saída de alta velocidade é aquele onde se coincide sua localização com o ponto em que a maioria das aeronaves consegue atingir a velocidade adequada para sua saída da pista. Isto é, necessita-se quantificar o comprimento necessário de pista que a aeronave percorre, em procedimento de pouso, até atingir a velocidade da saída da pista.

Muitos são os fatores contribuintes. Mesmo um tipo de aeronave pode necessitar diferentes extensões de pista em função do seu peso de pouso, do seu ponto de toque (depende da perícia do piloto que comanda a aeronave), das condições de vento dentre outros.

Neste trabalho foi considerado 85% do peso máximo de pouso (PMP). Nos casos de pesos inferiores, a aeronave poderá, mais rapidamente, efetuar a saída da pista. Portanto, sua localização permitirá a desocupação da pista nessa situação (pesos inferiores a 85% PMP).

2.2. Método ICAO

Para determinação da distância da cabeceira da pista até a saída rápida para as aeronaves em estudo, o Método dos Três Segmentos, previsto pela ICAO (2004), está descrito no DOC 9157, *Aerodrome Design Manual – Part 2*.

De acordo com o método citado, a distância até a saída rápida é a soma de três segmentos calculados separadamente. A

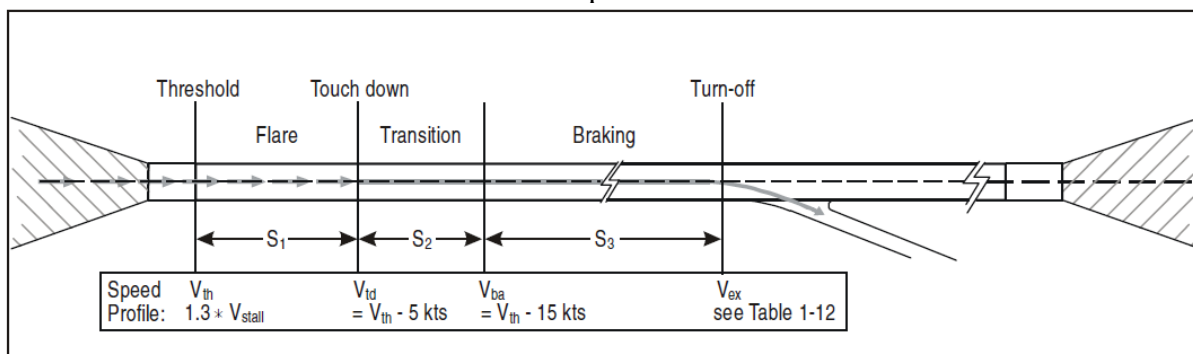


Figura ilustra o método.

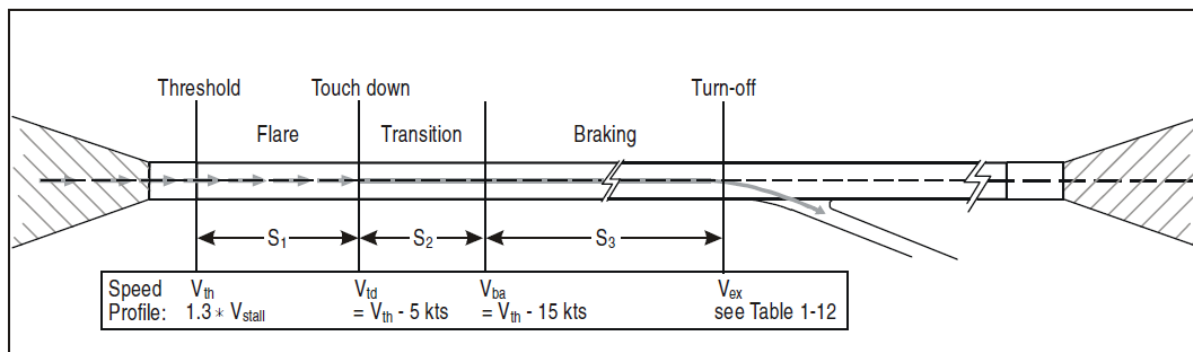


Figura 1 : Ilustração do Método ICAO.

Fonte: ICAO, 2004.

Onde:

- S_1 – distância longitudinal entre a cabeceira da pista e o ponto de toque do trem de pouso principal;
- S_2 – distância longitudinal requerida para transição entre o toque do trem de pouso principal até se estabelecer uma configuração de freio estabilizada;
- S_3 – distância requerida para a desaceleração da aeronave até a velocidade nominal de entrada no táxi;
- V_{th} – velocidade final de aproximação, sendo 1,3 vezes a velocidade de estol (V_{stall}) e assumindo-se o peso de pouso igual a 85% do peso máximo de pouso (PMP). A velocidade de estol é definida como a mínima velocidade em que a asa pode produzir sustentação suficiente para suportar a aeronave;
- V_{td} – assumindo como sendo ($V_{th} - 5$) nós;
- V_{ba} – velocidade na qual os freios são aplicados, sendo igual a ($V_{th} - 15$) nós;
- V_{ex} – velocidade nominal de entrada no táxi.

Ainda segundo a ICAO, para o cálculo da distância até o táxi, as aeronaves podem ser agrupadas com base nas velocidades finais de aproximação em quatro grupos:

- grupo A – V_{th} menor que 91 nós;
- grupo B – V_{th} entre 91 e 120 nós;
- grupo C – V_{th} entre 121 e 140 nós;
- grupo D – V_{th} entre 141 e 165 nós.

Assim, os segmentos são calculados da seguinte forma:

- S_1 – 450 m para aeronaves categoria C e D e 250 m para aeronaves categoria A e B.
- S_2 – tal distância é calculada assumindo-se que o tempo de transição é igual a 10 s. Assim, S_2 é dada pela equação 1.

$$S_2 = S_1 \cdot (V_{th} - 10) \quad (1)$$

- S_3 – a distância de frenagem é calculada de acordo com a equação 2, onde V_{ex} é igual a 30 nós para pistas código 4 e a aceleração a considera um valor operacional viável para frenagem em pista molhada, sendo igual a $1,52 \text{ m/s}^2$.

$$S_3 = \frac{(V_{th} - 15)^2 - V_{ex}^2}{2 \cdot a} \quad (2)$$

A Tabela mostra os valores de distância até a saída rápida, S , para as diversas aeronaves estudadas.

Os valores de V_{th} foram obtidos através dos ábacos de velocidade final de aproximação contida nos manuais das aeronaves.

Tabela 1 : Distância S até a Saída Rápida – Método ICAO

Aeronave	V_{th} (nó)	V_{ex} (nó)	S_1 (m)	S_2 (m)	S_3 (m)	S (m)
A319	123	30	450	565	897	1.912
A320-200	125	30	450	575	933	1.958
A321-100	133	30	450	615	1.085	2.150
A330-200/300	128	30	450	590	989	2.029
A340-300	135	30	450	625	1.125	2.200
A380/380F	132	30	450	610	1.066	2.126
B737-300	125	30	450	575	933	1.957
B737-500	118	30	250	541	812	1.603
B737-800	131	30	450	603	1.040	2.094
B747-300	129	30	450	596	1.010	2.056
B747-400	139	30	450	645	1.206	2.301
B767-300	128	30	450	592	995	2.036
B767-300ER	134	30	450	618	1.097	2.166
B767-400ER	139	30	450	646	1.209	2.304
B777-200	126	30	450	580	952	1.982
B777-300	138	30	450	639	1.183	2.272
E120	127	30	450	584	968	2.002
E145	131	30	450	605	1.045	2.100
E190	131	30	450	604	1.044	2.098
FK-100	133	30	450	617	1.094	2.161
MD11	143	30	450	664	1.287	2.401

Pode-se calcular as distâncias até a saída rápida para as aeronaves em estudo de forma não tão conservativa, adotando-se V_{th} como sendo a velocidade de entrada no táxi, ou seja, igual a 93 km/h (50 nós), conforme permite a ANAC (RBAC 154). Os valores de distância S encontrados, para esta situação, são mostrados na Tabela , trata-se do Método ICAO Ajustado.

Tabela 2 : Distância S até a Saída Rápida – Método ICAO Ajustado

Aeronave	V_{th} (nó)	V_{ex} (nó)	S_1 (m)	S_2 (m)	S_3 (m)	S (m)
A319	123	50	450	565	764	1.779
A320-200	125	50	450	575	800	1.825
A321-100	133	50	450	615	952	2.017
A330-200/300	128	50	450	590	856	1.896
A340-300	135	50	450	625	992	2.067
A380/380F	132	50	450	610	932	1.992
B737-300	125	50	450	575	799	1.824
B737-500	118	50	250	541	679	1.469
B737-800	131	50	450	603	907	1.961
B747-300	129	50	450	596	877	1.923
B747-400	139	50	450	645	1.073	2.167
B767-300	128	50	450	592	861	1.903
B767-300ER	134	50	450	618	964	2.032
B767-400ER	139	50	450	646	1.075	2.171
B777-200	126	50	450	580	819	1.849
B777-300	138	50	450	639	1.050	2.139
E120	127	50	450	584	834	1.868
E145	131	50	450	605	912	1.967
E190	131	50	450	604	911	1.965
FK-100	133	50	450	617	960	2.028
MD11	143	50	450	664	1.153	2.268

2.3. Método INFRAERO

O cálculo efetuado pela INFRAERO considera que para acessar uma saída rápida, é permitido que uma aeronave esteja a 93 km/h, considerando uma desaceleração de $1,52 \text{ m/s}^2$ na frenagem da aeronave.

Assim, pode-se calcular, pela equação de Torricelli (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado) a distância até a saída através das velocidades de toque das aeronaves estudadas. Adotando-se a distância longitudinal entre a cabeceira da pista e o ponto de toque do trem de pouso principal como sendo igual a 450 m, encontram-se os valores de distância até a saída conforme mostrados na

Tabela 1, considerando a situação do aeroporto em estudo. Cabe ressaltar que a INFRAERO corrige as distâncias calculadas para a altitude e temperatura de referência do aeródromo em estudo.

Tabela 1 : Método INFRAERO

Aeronave	Dist. Extra (m)		V _{th} (nó)	V _{iq} (nó)	V _{ex} (km/h)	Des. a (m/s ²)	Dist. (m)	Correção			Dist. (m)
	Tipo	Valor					N. MAR e 15 °C				Corrigida
A319	COM.	450	136	128,22	93	1,52	1.662	1,08	1,04	1,11	1.850
A320-200	COM.	450	138	130,22	93	1,52	1.707	1,08	1,04	1,11	1.900
A321-100	COM.	450	138	130,22	93	1,52	1.707	1,08	1,04	1,11	1.900
A330-200/300	COM.	450	140	132,22	93	1,52	1.753	1,08	1,04	1,11	1.951
A340-300	COM.	450	147	139,22	93	1,52	1.918	1,08	1,04	1,11	2.135
A380/380F	COM.	450	142	134,22	93	1,52	1.799	1,08	1,04	1,11	2.002
B737-300	COM.	450	135	127,22	93	1,52	1.640	1,08	1,04	1,11	1.825
B737-500	COM.	450	128	120,22	93	1,52	1.489	1,08	1,04	1,11	1.657
B737-800	COM.	450	142	134,22	93	1,52	1.799	1,08	1,04	1,11	2.002
B747-300	COM.	450	142	134,22	93	1,52	1.799	1,08	1,04	1,11	2.414
B747-400	COM.	450	157	149,22	93	1,52	2.169	1,08	1,04	1,11	1.825
B767-300	COM.	450	140	132,22	93	1,52	1.753	1,08	1,04	1,11	1.951
B767-300ER	COM.	450	145	137,22	93	1,52	1.870	1,08	1,04	1,11	2.081
B767-400ER	COM.	450	150	142,22	93	1,52	1.991	1,08	1,04	1,11	2.217
B777-200	COM.	450	136	128,22	93	1,52	1.662	1,08	1,04	1,11	1.850
B777-300	COM.	450	149	141,22	93	1,52	1.967	1,08	1,04	1,11	2.189
E120	COM.	450	130	122,22	93	1,52	1.531	1,08	1,04	1,11	1.704
E145	COM.	450	136	128,22	93	1,52	1.662	1,08	1,04	1,11	1.850
E190	COM.	450	140	132,22	93	1,52	1.753	1,08	1,04	1,11	1.951
FK-100	COM.	450	142	134,22	93	1,52	1.799	1,08	1,04	1,11	2.002
MD11	COM.	450	153	145,22	93	1,52	2.067	1,08	1,04	1,11	2.300

2.4 Método Proposto

Ao efetuar a análise da distância necessária da cabeceira da pista até a saída rápida calculada pelos métodos descritos acima para a aeronave E120 por exemplo, pode-se perceber algumas incoerências. Sabe-se através do ábaco da aeronave que o comprimento de pouso, corrigido para as características do aeródromo em estudo, corresponde a 1.664 m, ou seja, o comprimento necessário para que a aeronave consiga acessar a saída rápida é maior que o comprimento de pouso desta.

Diante do exposto, propõe-se uma metodologia baseada no comprimento mínimo de pouso das aeronaves. A

Tabela 2 mostra a comparação dos valores explicada no parágrafo anterior.

Tabela 2 : Comparação de Comprimentos para o E120 (Brasília)

Aeronave	Comprimento S até a Saída Rápida (m)			Comprimento Mínimo de Pouso (m)
	ICAO (V _{ex} = 30 nós)	ICAO (V _{ex} = 50 nós)	INFRAERO	
E120	2.002	1.868	1.704	1.664

Para determinação dos comprimentos mínimos necessários à operação de pouso das aeronaves em estudo, foi adotado o método previsto pela FAA, descrito na *Advisory Circular* N° 150/5325-4B. Para tanto, foram consideradas as características e condicionantes de cada aeronave, segundo informações disponibilizadas pelos fabricantes nos respectivos manuais das aeronaves.

Desses manuais, foi identificado o peso máximo de pouso (PMP) de cada aeronave e, nos ábacos, também disponibilizados nesses documentos, determinou-se a distância de parada na operação de pouso (L_p).

Segundo a circular supracitada, não há necessidade de correções de temperatura e declividade quando da determinação da distância de parada relativo ao pouso da aeronave. A correção referente à altitude, via de regra, é obtida nos próprios ábacos das aeronaves que apresentam curvas distintas em função da altitude da pista de pouso. Quando não disponível a informação para a altitude de projeto, deve-se calcular para o nível do mar e efetuar a correção prevista na referida norma (aproximadamente 7% para cada 300 m acima deste nível).

Os ábacos trazem, ainda, curvas diferentes para as condições de pista seca e molhada. A mesma norma registra que, para efeito de determinação do comprimento mínimo de pouso deve-se utilizar a curva de pista molhada e, caso o ábaco disponibilizado não apresente essa diferenciação, deve-se majorar em 15% o resultado obtido. Para efeito deste trabalho, a distância de pouso corrigida (em função dos fatores apropriados a cada caso) será denominada L_c .

O comprimento de pouso calculado inicialmente e corrigido para as condições da pista corresponde à distância entre o ponto que a aeronave cruza os limites da cabeceira da pista a uma altura de 50 pés (15,2 m) até sua parada completa.

Cabe registrar, portanto, que para acessar uma saída rápida de pista a aeronave necessitará percorrer uma distância menor que seu comprimento de pouso, uma vez que para tanto, é permitido que a aeronave esteja a 93 km/h (ICAO).

Considerando uma desaceleração de $1,52 \text{ m/s}^2$ (ICAO) na frenagem da aeronave, pode-se calcular (equação de Torricelli) que o deslocamento de uma aeronave a 93 km/h (V_{ex}) até sua parada completa corresponde a 220 m, conforme ilustra a Figura 2.

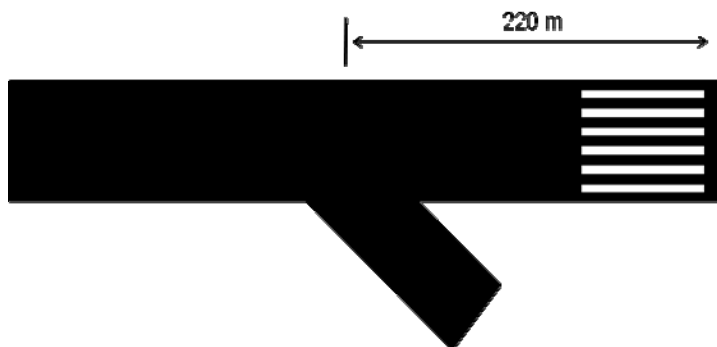


Figura 2 : Ilustração de Saída Rápida.

Diante do exposto, pode-se concluir que a distância percorrida por uma aeronave no pouso até uma saída rápida (L_s) pode ser obtida a partir do comprimento de pouso nas condições do aeroporto e pista molhada (L_c) subtraindo-se 220 m. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos.

Tabela 3 : Distância até a Saída Rápida – Nova Proposta

Aeronave	PMP (kg)	L_P (m)	L_C (m)	L_S (m)
A319	62.500	1.463	1.682	1.462
A320-200	66.000	1.585	1.823	1.603
A321-100	77.800	1.798	2.068	1.848
A330-200	177.000	1.829	2.103	1.883
A330-300	182.000	1.859	2.138	1.918
A340-300	192.000	2.134	2.454	2.234
A380/380F	386.000	2.050	2.358	2.138
B737-300	51.700	1.707	1.707	1.487
B737-500	49.900	1.646	1.646	1.426
B737-800	66.360	2.012	2.012	1.792
B747-300	255.800	2.550	2.550	2.330
B747-400	285.764	2.600	2.600	2.380
B767-300	136.078	1.859	1.859	1.639
B767-300ER	145.150	2.088	2.088	1.868
B767-400ER	158.757	2.316	2.316	2.096
B777-200	208.652	1.951	1.951	1.731
B777-300	237.682	2.225	2.225	2.005
E120	11.700	1.450	1.668	1.448
E145	20.000	1.524	1.753	1.533
E190	44.000	1.244	1.690	1.470
FK-100	39.915	1.400	1.901	1.681
MD11	217.724	3.048	3.048	2.828

3. ESTUDO DE CASO

A Figura 3 ilustra a Carta ADC do aeroporto em estudo, documento emitido pelo DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo), do qual se extraem informações relevantes para a presente análise, entre outras: a altitude de 749,5 m, as dimensões da pista de pouso (27L/09R) de 3.000 x 45 m, a cota da cabeceira 27L de 744,9 m e a cota entre 1.262 e 2.060 m da cabeceira 27L de 749,5 m.

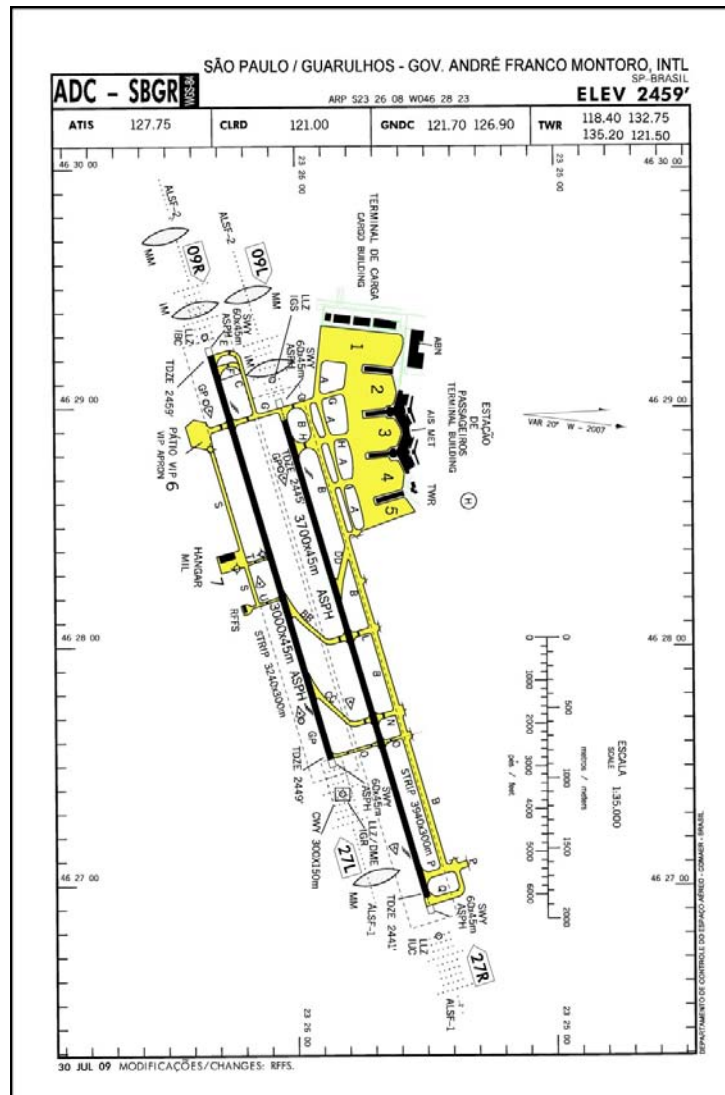


Figura 3 : Carta do Aeródromo em Estudo.

Fonte: DECEA, 2011.

A operação predominante no sistema é no sentido leste para oeste (80%). A cabeceira 27 L de pouso é somente empregada em 10% das operações ocorridas no sistema. Mas, nessa situação, não são disponíveis saídas rápidas de pista o que aumenta o tempo de ocupação e restringe a capacidade do sistema de pistas. A implantação das saídas ALT1 e ALT2 mostradas na Figura 4 é então o foco desse estudo de caso.



Figura 4 : Saídas ALT1 e ALT2 em Estudo
Fonte: Google Earth, 2010.

De acordo com os cálculos realizados através da metodologia baseada nos comprimentos mínimos de pouso, nem todas as aeronaves são capazes de acessar as saídas rápidas ALT1 e ALT2 localizadas respectivamente a 1.572 m e 1.960 m da cabeceira da pista. Entretanto, para tais aeronaves, pode-se calcular o comprimento de pouso necessário corrigido (L_c) para que consigam acessar tal saída, ou seja, 1.792 m e 2.180 m, respectivamente.

Os valores dos comprimentos encontrados são tais que já incluem todas as correções aplicáveis para o aeródromo em estudo. Assim, com os valores de tais comprimentos, encontram-se os valores das distâncias da cabeceira até a parada da aeronave em termos reais (L_p), sem a aplicação das correções pertinentes.

Finalmente, com a utilização dos ábacos das aeronaves e do comprimento real (L_p), pode-se determinar com que percentual de máximo peso de pouso (PMP) as aeronaves devem estar de forma a conseguir utilizar cada uma das saídas rápidas analisadas. Cabe ressaltar que algumas aeronaves já possuem em seus ábacos as correções para altitude e pista molhada. Nestes casos, o comprimento real (L_p) a ser utilizado nos ábacos é o próprio comprimento necessário corrigido (L_c).

A Tabela 4 e a Tabela 5 mostram o percentual de PMP que a aeronave deve possuir ao pousar, de forma a permitir seu ingresso na saída rápida ALT1 ou ALT2, respectivamente.

Tabela 4 : Percentual de PMP para acessar a Saída rápida ALT1

ANV	PMP (lb)	L _c (m)	L _p (m)	% PMP
A319	137.789	1.682	1.463	100%
A320-200	145.505	1.792	1.558	98%
A321-100	171.520	1.792	1.558	89%
A330-200	390.218	1.792	1.558	90%
A330-300	401.241	1.792	1.558	87%
A340-300	423.288	1.792	1.558	83%
A380/380F	850.984	1.792	1.558	Não Consegue
B737-300	113.979	1.707	1.707	100%
B737-500	110.011	1.646	1.646	100%
B737-800	146.299	1.792	1.792	87%
B747-300	563.943	1.792	1.792	76%
B747-400	630.002	1.792	1.792	Não Consegue
B767-300	300.000	1.792	1.792	98%
B767-300ER	320.000	1.792	1.792	86%
B767-400ER	350.000	1.792	1.792	74%
B777-200	460.000	1.792	1.792	91%
B777-300	524.000	1.792	1.792	80%
E120	25.794	1.668	1.450	100%
E145	44.092	1.753	1.524	100%
E190	97.003	1.690	1.244	100%
FK-100	88.000	1.792	1.319	95%
MD11	480.000	1.792	1.792	Não Consegue

Nota-se que algumas aeronaves de grande porte (A380, B747-400 e MD-11) não têm condições de utilizar a saída ALT1 mesmo com restrições de peso. Já para a saída ALT2, vide Tabela 7, todas as aeronaves estudadas conseguem utilizá-la, sendo na maioria das ocasiões sem restrições.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os métodos convencionais para localização de saída de pistas não se mostraram adequados para a análise desse estudo de caso. A metodologia proposta associada aos comprimentos de pouso requeridos descontando-se o trecho de desaceleração entre a velocidade de saída e a imobilidade se mostrou mais compatível com a realidade.

Os números obtidos servem como referência pois tanto o peso das aeronaves, quanto as condições da pista e as características de pilotagem geram variações no processo. Tais quantificações, no entanto, permitem avaliar o nível de uso das saídas e o ganho de tempo de pista livre, consequentemente, o efeito em termos de capacidade de pistas na implantação de uma saída rápida de pista em determinada localização.

Com essas informações pode-se proceder uma análise benefício-custo que aponte a

viabilidade em se construir ou não a saída de alta velocidade naquele ponto.

Tabela 5: Percentual de PMP para acessar a Saída rápida ALT2

ANV	PMP (lb)	L _c (m)	L _p (m)	% PMP
A319	137.789	1.682	1.463	100%
A320-200	145.505	1.823	1.585	100%
A321-100	171.520	2.068	1.798	100%
A330-200	390.218	2.103	1.829	100%
A330-300	401.241	2.138	1.859	100%
A340-300	423.288	2.454	2.134	97%
A380/380F	850.984	2.335	2.030	93%
B737-300	113.979	1.707	1.707	100%
B737-500	110.011	1.646	1.646	100%
B737-800	146.299	2.012	2.012	100%
B747-300	563.943	2.550	2.550	94%
B747-400	630.002	2.600	2.600	86%
B767-300	300.000	1.859	1.859	100%
B767-300ER	320.000	2.088	2.088	100%
B767-400ER	350.000	2.316	2.316	94%
B777-200	460.000	1.951	1.951	100%
B777-300	524.000	2.225	2.225	98%
E120	25.794	1.668	1.450	100%
E145	44.092	1.753	1.524	100%
E190	97.003	1.690	1.244	100%
FK-100	88.000	1.901	1.400	100%
MD11	480.000	3.048	3.048	65%

Agradecimentos

Os autores agradecem as sugestões recebidas dos colegas do ITA, que permitiram aprimorar o texto e eliminar algumas inconsistências detectadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Airbus (1995) A-319 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Blagnac.
 Airbus (1995) A-320 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Blagnac.
 Airbus (1992) A-321 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Blagnac.
 Airbus (1993) A-330 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Blagnac.
 Airbus (1992) A-340-300 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Blagnac.
 Airbus (2005) A-380 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Blagnac.
 ANAC (2009) RBAC 154, Projetos de Aeródromos. Brasília.
 ANAC (2011) in <http://www.anac.gov.br>
 Boeing (2005) B737 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Seattle.
 Boeing (1984) B747-300 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Seattle.
 Boeing (2002) B747-400 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Seattle.
 Boeing (2005) B767 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Seattle.
 Boeing (2002) B777 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Seattle.
 DECEA (2011) – Aerodrome Chart – AIRAC. Rio de Janeiro.

Embraer (2000) EMB120 – Airport Planning Manual, Sao José dos Campos.
Embraer (1997) EMB145 – Airport Planning Manual, São José dos Campos.
Embraer (2009) EMB190 – Performance Characteristics, São José dos Campos.
FAA, Advisory Circular No. 150/5325-4B - Runway Length Requirements for Airport Design, Washington.
Fokker (1986) F100 – Performance Characteristics, Amsterdam.
ICAO (2004) Annex 14, Volume I, Aerodrome Design and Operations, fourth edition, Montreal.
ICAO (2004) Doc.9157- Airport Design Manual, Part 2. Montreal.
INFRAERO (2011) in <http://www.infraero.gov.br>
McDonnell-Douglas (1990) MD-11 - Airplane Characteristics For Airport Planning, Long Beach.
McKinsey (2010) Estudo do Setor de Transporte Aéreo no Brasil, Relatório Consolidado, São Paulo

Cláudio Jorge Pinto Alves (claudioj@ita.br)
Frank Cabral de Freitas do Amaral (frank@ita.br)
Ronaldo Gonçalves de Carvalho (ronaldo@ita.br)