

## A CORRETA ORIENTAÇÃO DE UMA PISTA DE POUSO PARA O PLANEJAMENTO DE UM AEROPORTO

Daniel Pamplona

Cláudio Jorge Pinto Alves

### Resumo

A escolha do modal de transporte é uma das principais tarefas do gerente de suprimento de uma organização. O modal aéreo tem sido um meio de transporte que se destaca pela rapidez com que consegue diminuir distâncias. A operação de uma aeronave está intrinsecamente ligada a uma pista de pouso. O problema da orientação da pista é um dos problemas que sempre acompanharam os projetistas de aeroportos. Saber quais os fatores que podem influenciar no desempenho de uma aeronave torna-se de suma importância para o analista de transporte de uma empresa, permitindo um diagnóstico preciso das situações enfrentadas. Através de pesquisa bibliográfica, explorou-se o problema da correta orientação de uma pista de pouso e o quanto comprometedor para as operações aeroportuárias ela pode se tornar, especialmente para aeronaves de pequeno e médio porte.

Palavras-chave: aeroportos; modal aéreo; pistas; vento.

### Abstract

The choice of mode of transport is a major task of the manager of a supply organization. The air transportation has been a means of transportation that stands out for the speed with which can reduce distances. The operation of an aircraft is intrinsically linked to an airstrip. The problem of the orientation of the track is one of the problems that always accompanied the designers airports. Knowing what factors can influence the performance of an aircraft becomes of paramount importance for the transportation analyst for a company, allowing an accurate diagnosis of the situations faced. Through literature review, we explored the problem of the correct orientation of a runway and as compromising for airport operations it can become, especially for small and medium aircraft size..

Keywords: airports, air transportation; runway; wind.

## Introdução

A escolha do modal de transporte é uma das principais tarefas do gerente de suprimento de uma organização.

“O transporte normalmente representa o elemento mais importante em termos de custos logísticos para inúmeras empresas. A movimentação de cargas absorve de um a dois terços dos custos logísticos totais.” (BALLOU, 2006, p.149).

O modal aéreo tem sido um meio de transporte que muito tem se destacado pela rapidez com que consegue diminuir as distâncias. Esse meio de transporte consegue atingir todos os pontos de nosso planeta.

O tempo gasto para a entrega, a variação desse tempo e quais são as condicionantes que podem afetar essa modalidade constituem as características mais importantes do desempenho de uma cadeia de transporte. A variabilidade do tempo de viagem é uma medida de incerteza no desempenho do transportador. (BALLOU, 2006).

Muito se tem falado sobre a construção e ampliação de novos aeroportos no Brasil com vistas a dar uma maior agilidade em nosso sistema aeroportuário. Constata-se, infelizmente na prática, que muitos aeroportos operam perto da saturação ou em um curto espaço de tempo chegarão a seu nível máximo operacional, podendo ser citados como exemplo os aeroportos de Congonhas, Guarulhos e Galeão.

Um aeroporto é muito mais que uma pista de decolagem e uma torre. “Um aeroporto é um complexo sistema de facilidades e, geralmente, o empreendimento mais importante da região. É um gerador econômico e um catalisador de captação de investimentos em sua área de atuação” (KAZDA & CAVES, 2007).

Porém, sem uma pista de decolagem, um aeroporto nada mais será que um depósito de aviões, que estarão agrupados em um mesmo espaço, porém impossibilitados de operar. Mas se enganariam aqueles que acreditam que basta o nivelamento e asfaltamento de uma faixa de terra para que se tenha uma pista e conseqüentemente um aeroporto pronto para a operação e exploração comercial.

Mesmo que o problema da pista de pouso seja resolvido através da sua construção, o seu mau dimensionamento e planejamento acarretaria em sérias limitações operacionais. Muitos são os fatores que influenciam a construção de uma pista de decolagem. Entre esse podemos destacar o seu comprimento, a direção do vento e o entorno aeroportuário.

“A construção de um novo aeródromo ou a ampliação de um existente representa um elevado investimento e carga de trabalho. Por isso, é necessário que o projeto aeroportuário seja feito pelo maior período de tempo possível” (KAZDA & CAVES, 2007).

O problema da orientação da pista é um dos problemas que sempre acompanharam os projetistas de aeroportos.

Provavelmente o mais antigo, o mais básico e a característica fundamental de um aeroporto são a sua configuração e orientação de pista. Orientação, o ângulo que a linha central faz com o azimute, é um problema que está presente desde os primórdios da aviação, quando as aeronaves pousavam em pistas de terra e de grama, com os pilotos sendo guiados primeiramente pela direção do vento como era indicado pela biruta. Devido um avião ter que decolar e pousar na direção contrária ao vento e deve minimizar os efeitos adversos do vento cruzado, a orientação da pista é dependente na velocidade do vento e na sua direção. (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT. 2011, p.302).

Uma pista de pouso será orientada, ou seja, ela estará apontada, para a direção relativa ao norte magnético, tendo como fatores preponderantes as direções que prezem por área livres e as condições do vento na área em que se pretende construir a pista de pouso.

Para o analista de transporte saber quais os fatores que podem influenciar no desempenho do modal escolhido torna-se de suma importância. No caso do modal aéreo, que é tão suscetível as características aeroportuárias, o conhecimento das características dos aeroportos de embarque e desembarque permite e suas consequentes limitações e deficiência, permitem um diagnóstico preciso.

Dentre os vários limitadores, um sempre se destacou desde os primórdios da aviação: o vento. Conhecer como ele limita a operação de uma aeronave representa

saber em qual aeroporto se pode operar e com qual tipo de aeronave e capacidade de carga será utilizado para o transporte.

### **1.1 Metodologia da Pesquisa**

A metodologia empregada foi a pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica oferece meios para ajudar na correta definição e resolução dos problemas conhecidos e apresentados para análise. Este método de pesquisa permite ainda a análise dos problemas sob vários enfoques ou abordagens.

Através da utilização deste método de pesquisa, foi possível o exame da problemática da correta orientação de uma pista de pouso em relação ao vento predominante em uma região e quanto impactante este problema pode ser para a operação aérea.

## **2. O vento como influenciador na orientação da pista**

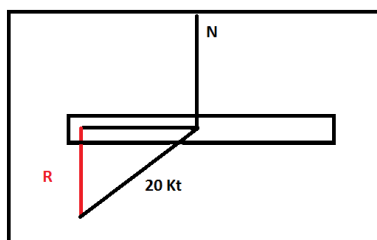
Uma correta análise do sistema de ventos que cobrem a região é de suma importância para o planejamento da pista de pouso. Como regra geral, deve-se sempre dar preferência para que a pista principal em um aeroporto esteja orientada na direção dos ventos predominantes daquela região. (HORONJEFF et al, 2010).

A FAA (Federal Aviation Administration), órgão americano que regula a atividade aeroportuária recomenda que para a escolha de uma pista, um avião deve ser capaz de pousar 95% das vezes com a componente permitida de vento cruzado em uma pista (HORONJEFF et al, 2010).

Em consonância, a OACI (Organização de Aviação Civil Internacional), órgão ligado as Nações Unidas que tem como missão dar suporte aos assuntos relacionados à Aviação Civil para os 191 países membros, utiliza o fator de usabilidade de um aeroporto.

No Anexo 14, Volume I, Capítulo 3 ele é definido como sendo a porcentagem de tempo durante a qual o uso de uma pista ou de um sistema de pistas não é restringido pelo componente de vento cruzado (KAZDA & CAVES, 2007).

Para que entendamos o que significa essa variante de vento cruzado permitido, suponhamos que uma pista tenha uma componente vertical de 20 kt (nós), formando um ângulo de 10° com a pista conforme figura abaixo:



**Figura 01 – Resultante das forças do vento**  
Fonte: Próprio Autor

Teremos que a resultante, pois para cômputo de planejamento deverá ser levado em conta a componente cruzada do vento que atinge a aeronave, dado pela força resultante R.

O valor de R será igual a  $\text{sen } 10^\circ = \frac{R}{20}$ , onde  $R = \text{sen } 10^\circ \times 20$ .

Portanto, a valor resultante será igual a uma intensidade de 3.4 kt.

A sensibilidade de um avião ao vento cruzado depende principalmente no peso total da aeronave e o tipo de trem de pouso. Quanto maior o peso da aeronave, maior a sua potência e como consequência ela será menos suscetível ao vento (KAZDA & CAVES, 2007).

Para cada tipo de avião para qual foi projetado o aeroporto, existirá uma componente de vento cruzado máximo, padronizado pela FAA, a ser considerado para que se permita o pouso seguro no aeródromo.

**Tabela 1 – Componente máximo permitido de vento cruzado pela FAA**

<b>Código de referência aeroportuário</b>	<b>Máxima componente de vento cruzado</b>
A-I ; B-I	10.5 Kt
A-II ; B-II	13 Kt
A-III ; B-III ; C-I; C-II; C-III; C-IV	16 Kt

A-IV até D-VI	20Kt
---------------	------

Fonte: (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT, 2011)

Para que possamos entender a classificação anterior, faz-se necessário entender a classificação dos aeroportos pela FAA.

A FAA define as aeronaves em 5 categorias para aproximação. Essas categorias são baseadas na velocidade de aproximação de  $1.3 V_{so}$  ( $V_{so}$  é a velocidade de estol (perda de sustentação da aeronave) no peso máximo de pouso certificado para a aeronave)

**Tabela 2 – Classificação pela FAA da velocidade de aproximação**

<b><i>Categoria de Aproximação</i></b>	<b><i>Velocidade de Aproximação (Kt)</i></b>	<b><i>Categoria do Aeroporto</i></b>
A	< 91	Aeroporto Utilitário
B	91-120	Aeroporto Utilitário
C	121-140	Aeroporto de Transporte
D	141-165	Aeroporto de Transporte
E	166 ou maior	Aeroporto de Transporte

Fonte: (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT, 2011)

A FAA ainda utiliza a geometria da aeronave para classificá-la:

**Tabela 3 – Classificação pela FAA da velocidade de aproximação**

<b><i>Grupo de classificação</i></b>	<b><i>Envergadura (m)</i></b>	<b><i>Altura do estabilizador vertical (m)</i></b>
I	< 14.9	< 6.1
II	14.9 – < 24.1	6.1 – < 9.1

III	24.1 – < 36.0	9.1 – < 13.7
IV	36.0 – < 52.1	13.7 – < 18.3
V	52.1 – < 65.2	18.3 – < 20.1
VI	65.2 – < 79.9	20.1 – < 24.4

Fonte: (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT, 2011)

A OACI também possui o seu método de regulamentação dos limites de vento cruzado para o planejamento de pistas. Diferente da FAA que leva como fator o código de referência do aeroporto, a OACI utiliza o comprimento da pista para o planejamento de pistas.

**Tabela 4 – Classificação pela OACI da componente máxima de vento cruzado**

<b>Comprimento de Pista</b>	<b>Máxima componente de vento cruzado</b>
Menores de 1200 m	10Kt
1200 e 1500 m	13 Kt
1500 m ou mais	20 Kt

Fonte: (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT, 2011)

Para (HORONJEFF et al, 2010), após ter sido estabelecido qual será a máxima permissividade da componente do vento cruzado, tendo em conta para qual tipo de aviação que está sendo feito o planejamento do aeroporto, deve-se levar em conta as características médias do vento na região, tendo em vista os seguintes fatores:

- a) A cobertura total do vento sem levar em conta a visibilidade horizontal e vertical (teto das nuvens);
- b) As condições do vento quando o teto está pelo menos a 1000 pés (300m) e a visibilidade está a pelo menos 3 milhas; e
- c) As condições do vento quando o teto das nuvens está entre 200 e 1000 pés e / ou a visibilidade está entre  $\frac{1}{2}$  e 3 milhas.

A primeira condição de vento levará em conta toda as condições de vento presentes no aeroporto, desde o dia mais claro aos dias em que as condições climáticas estiverem mais deterioradas. A próxima condição irá representar os casos em que se tem um bom dia no aspecto de visibilidade, permitindo o voo através de regras visuais (VMC). Por fim, a última condição traduz na necessidade de utilização do auxílio de instrumentos dentro da aeronave para efetuar o pouso (IMC) (HORONJEFF et al, 2010).

Apesar do modelo proposto por (HORONJEFF et al, 2010), tanto a FAA como a OACI aplicam o critério apenas de 95% para a cobertura total do vento, sem levar em conta a visibilidade horizontal e vertical.

Em alguns casos, mesmo o aeródromo tendo sido desenvolvido para aeronaves de grande porte, por receber com frequência aeronaves de menor porte, pode ser necessário a construção de pistas de cruzem a pista principal, possibilitando a utilização por esse tipo de aeronaves.

Serão descritos a seguir os vários métodos para a correta orientação de uma pista.

### **3. O Método da Rosa dos Ventos**

A correta orientação da pista ou das pistas que fazem parte de um aeroporto podem ser determinadas através da análise vetorial gráfica usando um método conhecido como Rosa dos Ventos (HORONJEFF et al, 2010).

O método da Rosa dos Ventos consiste em uma série de círculos concêntricos cortados pela linha radial usando um papel com as coordenadas gráficas. As linhas radiais são desenhadas na escala da magnitude do vento. A área entre cada par de linhas é centrada na direção do vento (HORONJEFF et al, 2010).

Um procedimento gráfico como o método da Rosa dos Ventos é geralmente utilizado para determinar a melhor orientação da pista tendo em vista a concentração dos ventos prevaescentes, devendo-se levar em conta que a orientação da pista será fornecida em relação ao norte verdadeiro, devendo-se fazer a correção para o norte magnético. (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT, 2011).



Para que possa ser plotada corretamente, a análise do vento deve ser colhida de maneira confiável e estatisticamente agrupada por um período de pelo menos 5 anos.

Por exemplo, suponhamos que estejamos realizando o planejamento de um aeroporto. Os ventos foram coletados segundo a tabela abaixo:

**Tabela 5 – Distribuição estatística da direção e intensidade do vento**

<b>velocidade do vento / direção</b>	<b>N</b>	<b>NE</b>	<b>E</b>	<b>SE</b>	<b>S</b>	<b>SW</b>	<b>W</b>	<b>NW</b>	<b>Vento calmo</b>	<b><math>\Sigma</math></b>
Calmo	-	-	-	-	-	-	-	-	123	123
1 – 2	40	82	52	31	25	23	23	65		341
3 – 5	45	45	34	37	26	16	19	111		333
6 – 10	39	3	5	15	16	4	9	90		181
11 – 15	4	0	-	0	1	0	1	15		21
16 – 20	-	-	-	-	-	-	-	1		1
> 20	-	-	-	-	-	-	-	-		-
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>128</b>	<b>130</b>	<b>91</b>	<b>83</b>	<b>68</b>	<b>43</b>	<b>52</b>	<b>282</b>	<b>123</b>	<b>1000</b>

Fonte: (KAZDA & CAVES, 2007)

Os dados estatísticos em porcentagem da ocorrência do vento em cada combinação de direção e velocidade são plotados na forma de um compasso da Rosa dos Ventos. O valor da porcentagem de ocorrência é colocado na parte que corresponde a direção e velocidade do vento. (KAZDA & CAVES, 2007).

Os dados são plotados colocando a porcentagem em um segmento apropriado do gráfico. Os círculos representam a velocidade do vento em nós ( medida de velocidade comumente utilizada na aviação) e as linhas radiais indicam a direção do vento. Os dados da Tabela 5 foram plotados na Figura 2 . Cada célula representa a porcentagem de direção e velocidade do vento. (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT, 2011).

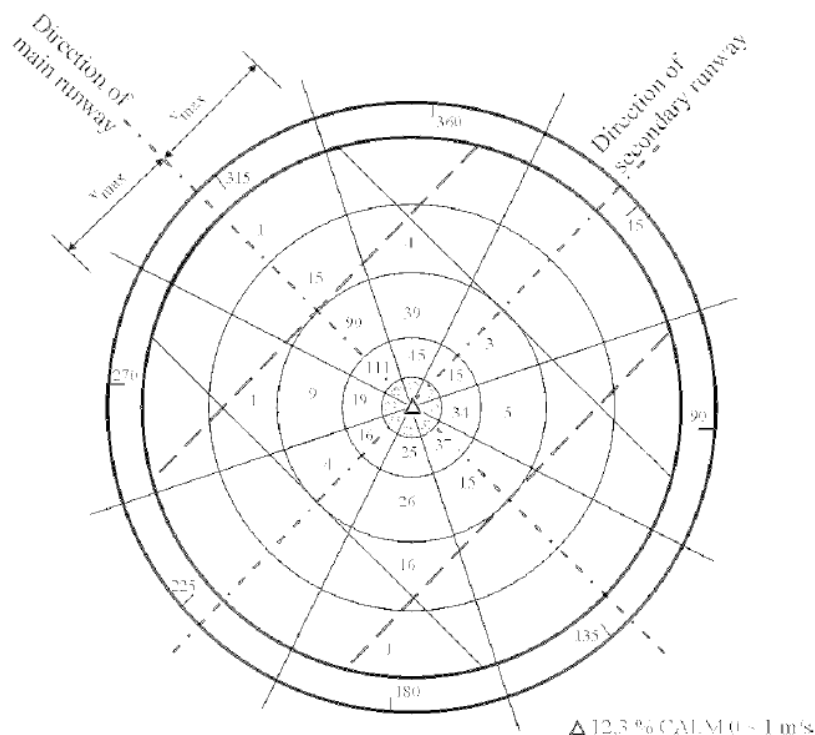
A parte móvel (pista que se pretende construir) tem a profundidade igual ao dobro do vento cruzado permitido. A parte móvel é movimentada até cobrir a máxima porcentagem de ocorrência de vento. O mesmo método pode ser repetido para cada pista adicional até se atingir o permitido pela legislação (KAZDA & CAVES, 2007).

A parte móvel tem três linhas paralelas. A linha do meio representa o centro da pista e a distância entre cada linha externa é igual ao máxima componente de vento cruzado permitido para aquele aeroporto. (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT, 2011).

Ashford, Mumayiz & Wright (2011) apresenta os seguintes passos para determinar a melhor orientação da pista e determinar a porcentagem de vezes que a orientação da pista estará conforme as limitações de vento cruzado:

- a) Coloque a parte móvel na Rosa dos Ventos para que a linha do meio passe pelo centro da Rosa dos Ventos.
- b) Use o centro da Rosa dos Ventos como um ponto de apoio, rodando a parte móvel até que a soma das porcentagens entre as linhas externas da parte móvel seja o máximo.
- c) Verifique qual o rumo verdadeiro da pista na escala de fora da Rosa dos Ventos.
- d) A soma dos percentuais das linhas não cobertas pela parte móvel representarão o somatório de vezes que a pista terá componentes de vento cruzado acima do permitido.

**Figura 2 – Determinação da pista pelo método da Rosa dos Ventos.**



Fonte: KAZDA & KAVES (2007).

Vale sempre ressaltar que o número de pistas em um aeroporto e a sua orientação devem representar um mínimo de 95% de disponibilidade da pista, tendo em consideração o fator de ventos, para o tipo de aeronave para o qual a pista está sendo projetada (KAZDA & CAVES, 2007).

Existirão casos em que serão necessários mais de uma pista, cruzando em determinados pontos para que vários tipos de aeronaves possam operar em determinado aeroporto. Podemos citar como exemplo o Aeroporto Internacional de Chicago (O'Hare) conforme figura abaixo:



Figura 3 – Aeroporto Internacional de Chicago O'Hare

. Fonte: HORONJEFF et al (2010).

### 3. O Método Computadorizado

Buscando uma maior eficiência e rapidez, a FAA desenvolveu um programa de computador para a análise da Rosa dos Ventos.

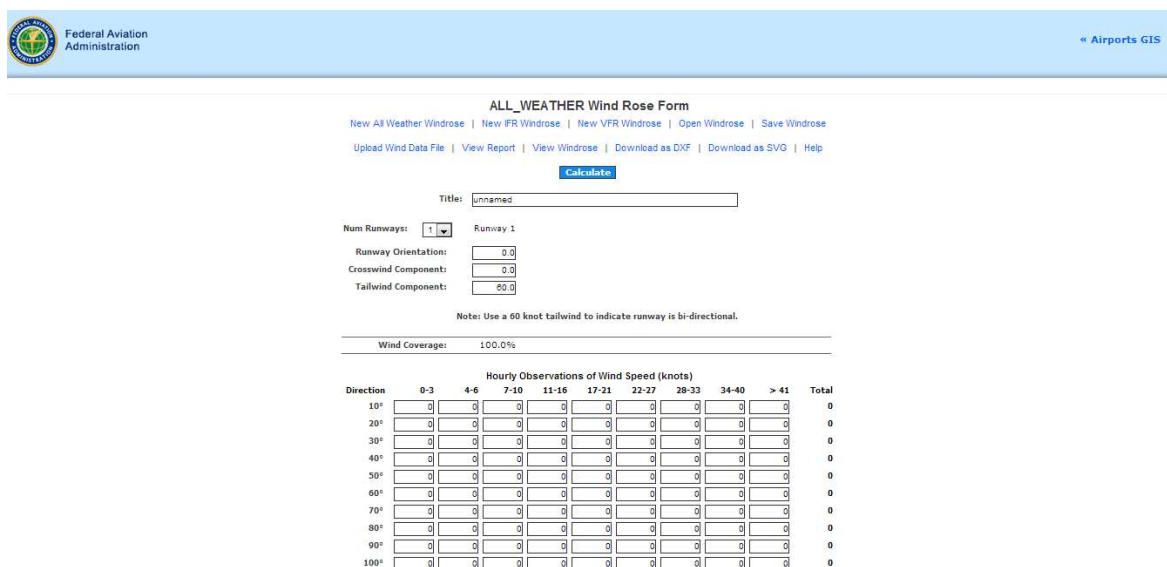


Figura 4 – Sistema eletrônico de direcionamento da pista.

Fonte: FAA.

A única particularidade do método é que a FAA padroniza 36 direções do vento e que o vento esteja agrupado nas seguintes velocidades 0-3, 4-6, 7-10, 11-16, 17-21, 22-27, 28-33, 34-40 e maior que 41. (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT, 2011).

Além disso, foram criados vários programas baseados em algoritmos com o objetivo de prover uma análise mais acurada, buscando sempre a segurança e prover meios para o planejador de um sistema logístico as ferramentas adequadas para maximizar o processo (MOUSA & MUMAYIZ, 2000).

#### 4. Conclusão

O modal aéreo sempre se destacou pela agilidade e rapidez com que pode atingir os destinos propostos. Porém vários são os fatores que podem influenciar na sua operação. As características do aeroporto e da aeronave influenciam em muito a quantidade de carga que poderá ser transportada.

Um dos problemas que sempre acompanhou a aviação desde o seu primórdio foi à correta orientação da pista. A correta utilização dos métodos propostos garantirá a uma pista orientada e uma maior possibilidade de aeronaves operarem em determinados aeroportos.

Para o gerente logístico, o conhecimento da limitação de pista, principalmente quando estiver escolhendo um modal em lugares afastados dos grandes centros e de difícil acesso permitirá a escolha correta do equipamento.

Apesar de ter encurtado as distâncias e ter permitido uma maior flexibilidade, chegando a pontos de difícil acesso a outros modais, o avião como todo meio de transporte possui as suas limitações e características que devem ser respeitadas para a sua operação em segurança.

#### Referências

ASHFORD, Norman J.; MUMAYIZ, Saleh; WRIGHT, Paul H. **Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports**. Wiley, 2011.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. Grupo A, 2006.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation: Aerodrome Design and Operations**. 5. Ed. Montreal, 2009.

HORONJEFF, Robert et al. **Planning and design of airports**. McGraw-Hill, 2010.

MOUSA, Ragab M.; MUMAYIZ, Saleh A. Optimization of runway orientation. **Journal of transportation engineering**, v. 126, n. 3, p. 228-236, 2000.

KAZDA, Antonín; CAVES, Robert E. **Airport design and operation**. 2007.

WELLS, Alexander T. **Airport planning & management**. 1992.