



TURBULÊNCIAS

Conforme sabemos, a atmosfera da Terra é uma mistura gasosa que acompanha a esfera sólida em todos os seus movimentos. Por se tratar de um sistema dinâmico, a atmosfera apresenta-se variável em muitos de seus aspectos.

Um deles é a irregularidade do movimento do fluxo de ar, resultante de vários fatores, tais como aquecimento diferenciado do solo e obstáculos naturais da topografia.

Esse movimento irregular do fluxo do ar, mais conhecido por turbulência, exerce efeito significativo no voo. As reações de uma aeronave à turbulência dependem das diferenças da velocidade do vento adjacente, do tamanho e peso da aeronave, da superfície das asas e da altitude de voo.

Quando passa rapidamente de um fluxo para outro, a aeronave sofre intensa mudança de velocidade. Obviamente, se o tempo de mudança for maior, a variação da velocidade da aeronave será menor, proporcionando maior suavidade aos "solavancos".

No entanto, o conhecimento antecipado das áreas de turbulência ajudará a evitar ou minimizar o desconforto e os perigos da turbulência.

CAUSAS DA TURBULÊNCIA:

Sob o ponto de vista hidrodinâmico, o movimento de um fluido pode ser "laminar" ou "turbulento".

Todavia, na atmosfera, é muito raro o movimento puramente laminar. Em realidade, por menor que seja, sempre haverá oscilações no movimento do ar, o que significa dizer que a turbulência é fator comum para a aviação.

Correntes Convectivas ou Termal, Turbulência Convectiva.

O gradiente térmico vertical da atmosfera, quando superior a $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, faz surgir, dentro e fora das nuvens, correntes verticais significativas capazes de interferir no movimento horizontal das aeronaves; quando no intervalo $0,6$ a $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, as correntes aparecem somente dentro das nuvens.



Evidentemente, quanto maior o gradiente, mais intensos serão os movimentos verticais, provocando efeitos de turbulência nos níveis mais baixos da Troposfera. A turbulência resultante desse processo recebe o nome de Turbulência Convectiva.

O topo das nuvens Cumulus define, aproximadamente, o limite superior dessas correntes. O voo à baixa altura, principalmente nas aproximações para pouso, pode ser perigosamente afetado por turbulência convectiva, capaz de alterar a trajetória de aterrissagem e causar acidentes graves.

Turbulência mecânica ou de Solo

Tanto a topografia acidentada quanto as edificações podem provocar desvios no fluxo horizontal do ar atmosférico. Em geral, os efeitos dependem da altura desses obstáculos e da intensidade do vento pois, quanto mais acidentada a topografia e quanto mais forte o fluxo, mais intensa e mais alta será a Turbulência Mecânica ou de Solo.

Este tipo de turbulência é resultado da fricção do fluxo de ar sobre a superfície irregular, fazendo surgir remoinhos capazes de afetar níveis de até 1.000 metros de altura.





Ondas de Montanha (Turbulência Orográfica)

As ondas de montanha são fenômenos turbulentos resultantes da regularidade e da alta intensidade do fluxo de ar que sopra perpendicularmente a uma cordilheira.

A barlavento das montanhas, o ar é forçado a ascender enquanto que, a sotavento, é forçado a descer estendendo seus efeitos sobre o vale, em forma de ondas.

A turbulência resultante deste fenômeno é conhecida por Turbulência Orográfica.

Para existir ondas de montanhas são necessários alguns requisitos:

- componente do vento perpendicular à montanha de, pelo menos, 15 nós;
- intensa variação vertical do vento;
- intensa inversão da temperatura acima do topo das montanhas.
- Se essas condições ocorrerem simultaneamente a atmosfera, sobre a cordilheira, estará propícia à formação de ondas de montanha.

A turbulência orográfica se caracteriza pelos seguintes aspectos:

- tendência a debilitar-se a partir dos 10.000 pés acima do topo da cordilheira;
- possibilidade de formação de nuvens Nimbostratus ou Cumulonimbus a barlavento da cordilheira;
- possibilidade de formação de nuvens em forma de rolo no interior das cristas das ondas, indicando forte turbulência.
- possibilidade de formação de nuvens em forma de lente na parte superior das cristas, indicando turbulência moderada ou forte.



Cortante do Vento (Windshear)

Variações verticais ou horizontais do vento fazem aparecer forças de cortante capazes de provocar turbulência naqueles níveis.

Em geral, as variações mais importantes do vento, capazes de provocar turbulências muito fortes, são encontradas no interior da corrente de jato, na Tropopausa, e conhecidas por Turbulência em Ar Claro (CAT).

Nos níveis inferiores, todavia, as mais perigosas estão relacionadas com a presença de nuvens Cumulonimbus, provocando efeitos de cortante conhecidos por "Wind Shear" (tesoura de vento).

