



By Figueroa

## WIND SHEAR

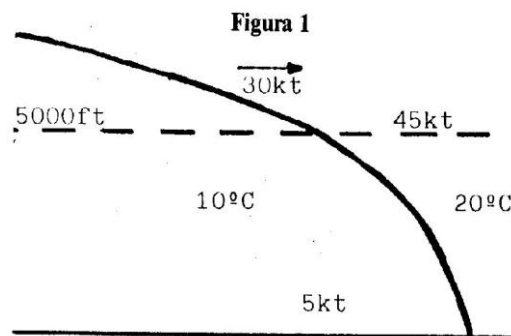
“Windshear” ou Tesoura de Vento, como também é conhecido no Brasil, é um fenômeno meteorológico que sempre existiu na natureza, mas que só recentemente vem atraindo a atenção do homem. Isto porque, de 1964 para hoje só nos EUA ocorreram pelo menos 30 acidentes aeronáuticos associados a algum tipo de fenômeno meteorológico gerador de fortes variações de vento. Alias, o WS é exatamente isto, uma forte variação no valor de uma ou ambas de suas componentes - direção e velocidade - numa altura ou distancia relativamente pequena.

Podemos dividir a ocorrência de WS a baixa altura (região em que oferece maior perigo à aviação), em dois fenômenos meteorológicos básicos, ou seja, não convectivos e convectivos.

### Não -Convectivos

Destes, as frentes são os fenômenos que, mas oferecem condições a ocorrência de WS forte o suficiente para afetar a segurança de voo. Encontraremos indícios de WS observando a ocorrência de uma diferença de temperatura maior que 5 graus, imediatamente a passagem da frente e/ou, se sua velocidade é maior que 30kt.

Também, uma diferença de velocidade do vento em torno de 40kt entre a superfície e a altitude de pressão de 850 hpa (500ft), torna provável a existência de WS severo (fig 1). Além disso, a existência de nuvens de desenvolvimento vertical podem tornar ainda mais serio o encontro com WS dentro de uma frente.



Observações indicam que, em uma frente quente, a maior probabilidade de um encontro existe até uma altura de 5000 ft e até 6 horas antes de sua passagem. Numa frente fria, a probabilidade de encontro situa-se até uma altura de 5000 ft por 3 horas após sua passagem. Em termos de distancia, a probabilidade existe para aeroportos situados até 80nm antes da passagem da frente quente e até 80nm depois da passagem da frente fria.

Uma combinação de ventos fortes (superiores a 20kt) com montanhas ou prédios pode gerar WS de intensidade média ou até mesmo intensas, quando chegam a gerar rotores a sotavento desses obstáculos.

A presença de água pode criar fluxos de ar locais devido à diferença de temperatura entre a água e a terra, ocasionando mudanças na velocidade e direção do vento em pequenas distancias e até uma altura de 1200 ft. Assim, aeródromos localizados próximos a lagos, baías e oceanos, estão sujeitos a este fenômeno, se bem que de intensidade no Máximo, médias.

### Convectivos

Sem duvida alguma, a nuvem convectiva geradora de WS mais violentos é a cumulonimbus ou trovoadas. As correntes ascendentes e descendentes inerentes a uma trovoadas criam ventos bastante complexos em seu interior e ao seu redor, gerando WS horizontais e verticais severos. Seu encontro à baixa altura é então, extremamente prejudicial para a segurança de voo.

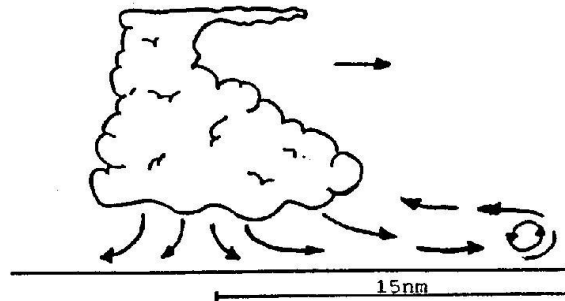
Existem atualmente definições distintas para três fenômenos ligados as correntes descendentes de um CB. Como estas massas de ar não penetraram o solo, seu deslocamento torna-se horizontal a superfície, agindo como se fosse uma frente fria movendo-se rapidamente e se estendendo até 15nm do GB (fig2). Surge assim, o primeiro deles, que se



By Figueroa

convencionou chamar de "gust front", sendo, mas severo na direção do deslocamento do CB. Essa massa de ar frio penetra por baixo da massa quente e em deslocamento contrario, formando áreas de forte WS.

**Figura 2**

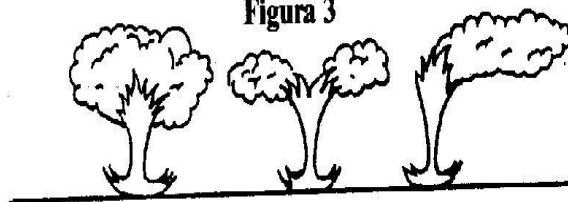


O segundo e os terceiros fenômenos são, na verdade, a mesma coisa. O que os distingue são suas respectivas velocidades e dimensões horizontais. Desta forma, o fenômeno conhecido como "downburst" (não confundir com "downdraft", que é apenas uma corrente de ar descendente sem necessariamente ser forte a ponto de prejudicar a segurança de voo) divide-se em "macroburst" e "microburst".

O primeiro é definido como uma descendente que apresenta velocidades verticais de até 117kt, dura até 30 segundos e se estende até 2,5nm horizontalmente. O segundo apresenta velocidades verticais de até 145kt, dura no Máximo 10 segundos e se estende horizontalmente ate 18nm. Estes valores por si só mostram a severidade desses fenômenos, gerando WS extremos. Na verdade, estes dois fenômenos sempre se associam a estragos como queda de arvores, destelhamento de casas, etc.,

E importante deixar bem claro, porem, que muitos "microbursts" ocorrem em nuvens conectivas bem menos severas que um CB. Vários tipos de nuvens de cumulus produzem "microbursts" e até mesmo a "bigorna" de um GB costuma produzi-lo. (fig3).

**Figura 3**



Alem disso, nem sempre um "microburst" vem acompanhado de chuva e, por isso, não se deve relacionar sua ausência com a inexistência desse fenômeno. Essa particularidade exige, então, que o piloto passe a olhar com outros olhos qualquer tipo de nuvem convectiva que se situe no caminho de sua aproximação ou decolagem.

#### Identificando WS

Embora já existam aeronaves e aeroportos (no Brasil só aeronaves) munidos de aparelhos que indicam a presença de WS, na maioria dos casos é o piloto que, através de seus conhecimentos, deve observar sua existência. Para isso, é fundamental que ele não cesse, em nenhum momento, de observar as condições meteorológicas que o envolvem.

Esse exercício deve começar já na sala de meteorologia (AIS), onde o piloto, através do estudo do METAR, TAF e das cartas sinóticas, deve procurar os seguintes indícios:

- variações extremas na direção e velocidade do vento em períodos de tempo relativamente curtos; diferença da temperatura para o ponto de orvalho acima de 15C.



By Figueroa

- existência de nuvens convectiva, especialmente cbs e nuvens cumulus de base alta (estas geralmente produzem virga, ou chuvas que não atingem o solo), - posicionamento e velocidade de frentes.

A estas informações, deverá adicionar sua própria observação das condições reinantes na área onde efetuara sua decolagem ou aproximação. O uso do radar também é muito importante (fig.5). Através do uso do "tilt", o piloto poderá observar se alguma nuvem próxima à pista causa atenuação na imagem (geralmente relacionada a "down tilt") ou eco do tipo meia lua (geralmente associado a "up tilt"). Qualquer desses dois casos indica condições de tempo severo. Na realidade, porém, como o piloto não tem muito tempo para lidar com o radar durante uma aproximação ou decolagem, o ideal é desconfiar de qualquer formação que tenha um núcleo bem definido.

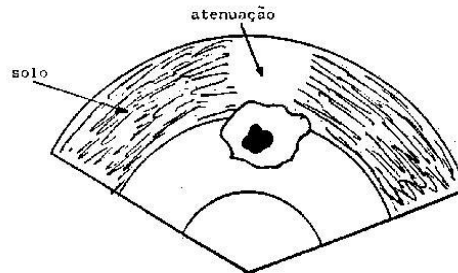
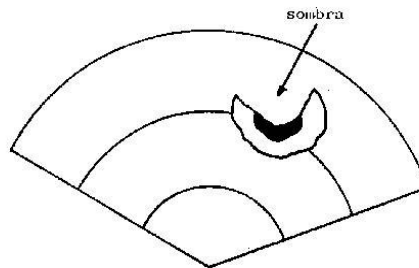


Figura 5



### Efeito do WS

É sabido que uma massa de ar causa maior efeito na velocidade de uma aeronave relativa ao solo ("groundspeed"). Porém, sua velocidade no ar (airspeed), pode também ser afetada quando ela transaciona de uma condição de vento para outra, em menos tempo que sua massa leva para ajustar sua velocidade a nova condição. É a segunda lei de Newton, que diz que a energia acumulada em um corpo em movimento é igual à metade de sua massa vezes sua velocidade ao quadrado. Em outras palavras a energia acumulada em uma aeronave é difícil de se dissipar.

Outra lei de Newton diz que um corpo em movimento permanece em movimento e que um corpo em repouso permanece em repouso, a não ser que alguma força em contrario. Resumida inércia. Como esta lei refere-se ao movimento com relação a terra, podemos deduzir que inércia de um avião é sua "inércia de groundspeed", ou a tendência de manter sua velocidade com relação ao solo.

Agora procure imaginar um avião na aproximação final a 120kt, com um vento de proa de 20kt. Sua "groundspeed" será de 10 kt. Digamos que, subitamente, este vento pare totalmente. Nesta condição, a tendência do avião é permanecer com sua "groundspeed" de 10 kt, é assim, sua "airspeed" cairá momentaneamente, 20 kt. Como consequência o fluxo de ar em torno das asas também cai e a sustentação (assumindo que o ângulo de ataque permaneça constante) perde boa percentagem de seu valor inicial. Essa perda faz com que o avião acelere na direção da resultante do desbalanceamento (fig.6).

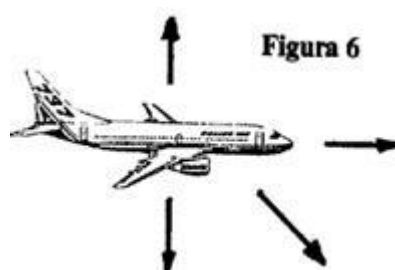


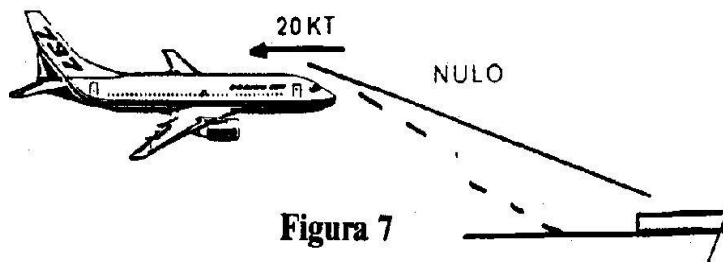
Figura 6



By Figueroa

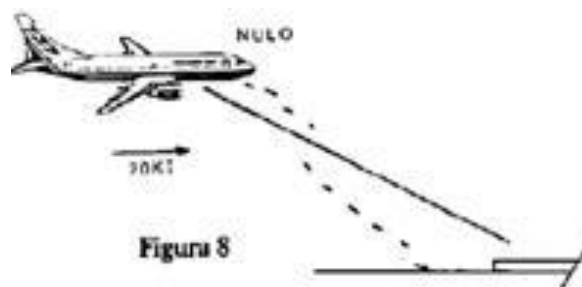
Analisemos; agora, um encontro típico com WS durante urna aproximação ILS com vento de proa nesta mesma condição. Com o deslocamento do avião para baixo, o piloto, na tentativa de recuperar sua "airspeed", aplica potencia e puxa o manche para subir novamente para o "glide slope". Se esta potencia for insuficiente, por estar numa configuração de alto arrasto, este aumento do angulo de ataque produzira somente um pequeno e momentâneo incremento na sustentação, causando apenas urna parada também momentânea na descida sua "airspeed" voltará a cair, aumentando ainda mais a razão de descida.

Se o valor Máximo de sustentação (arrasto for excedido) o avião poderá cair para trás da curva de potencia (isso significa que quanto mais cai a "airspeed", mais potencia será necessária para ser mantido o voo nivelado). Uma vez atrás da curva de potencia, uma recuperação só será possível com um grande aumento de potencia ou perda de altura. Se esta ultima for critica e um for disponível mais nenhuma potencia, fatalmente se atingira o solo (fig.7).



No caso de um ILS com vento de cauda, ao encontrar WS, o piloto terá dificuldade em dissipar energia, ou excesso de "airspeed". Um aumento no "airspeed" equivalente ao valor do WS aumenta a sustentação, e o avião acaba por passar para cima do "glide slope" o piloto tende, então, a reduzir a potencia para voltar a velocidade inicial e a picar sua aeronave para retornar ao "glide" o avião desacelera em resposta a' redução, e a velocidade desejada e' recuperada. Em seguida, a potencia necessária para manter esta velocidade passa a ser maior que a usada no principio, quando a aproximação ocorria com vento de cauda.

Se o motor foi todo reduzido, (sua aceleração será lenta pincipalrnente se o motor for à reação) e não será obtida potencia suficiente de imediato. Estando numa comfiguração de alto arrasto, O avião passa rapidamente para baixo do "glide" e o piloto tende a puxar o nariz abruptamente, na tentativa de uma recuperação. Este aumento no angulo de ataque produz somente uma pequena redução na razão de descida, tendendo essa graças ao novo aumento no arrasto a aumentar logo em seguida. Ocorrera, então, novamente, a possibilidade de colisão com o solo (fig.8).



Apesar de não poder de maneira alguma desprezar estes tipos de encontro com WS, são com as nuvens convectivas que estão relacionados Os principais acidentes deste tipo. Observando a figura 9 podemos notar, Como já foi visto, que abaixo de uma trovoadra encontraremos rajadas de vento horizontais e verticais. No ponto A, tudo esta normal, mas, já no ponto B, encontraremos nosso segundo tipo de encontro com WS.

A "airspeed" aumenta e o avião ascende para cima do "glide". A tendência do piloto é retirar potencia e picar o avião, na tentativa de voltar ao "glide". Ai, então, no ponto C, por um período curto de tempo, o vento de proa cessa e se encontra o centro do "downburst" (corrente de ar descendente fortíssima), fazendo com que o vento relativo passe a ser predominantemente vertical, de cima para baixo. Como resultado, teremos uma razão de descida crescendo rapidamente e, para conseguirmos a sustentação necessária, teremos que levantar significativamente o nariz do avião (a asa produz sustentação baseado no Angulo de ataque) e acionar potencia de imediato. Se o motor foi reduzido totalmente, sua



By Figueroa

aceleração será lenta e, ao entrar logo em seguida no setor de vento de cauda (ponto D), a velocidade poderá vir a situar-se abaixo da velocidade mínima de aproximação. O avião, ficando atrás da curva de potencia, terá sua razão de descida aumentada mais ainda. Logicamente uma recuperação a baixa altura será extremamente difícil.

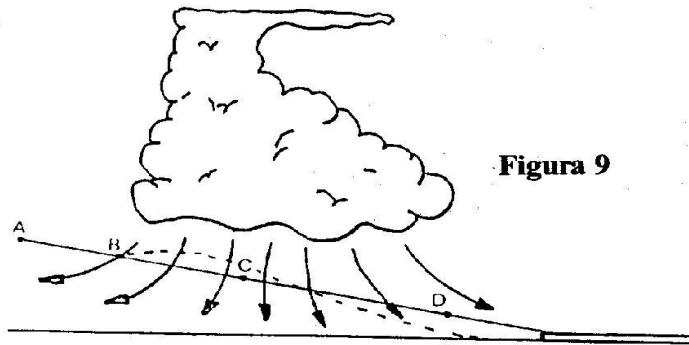


Figura 9

Da mesma forma, um encontro com WS durante a decolagem pode causar um acidente. No primeiro caso, a aeronave ainda se encontra na pista quando uma mudança de vento de proa para vento de cauda faz com que ela perca "airspeed" e tenha que prolongar sua corrida no solo. Se a pista for curta e o piloto não mais puder interromper a decolagem, corre o risco de não conseguir sair do chão antes que ela acabe ou ter que tentar voar sem a sustentação necessária (fig.10).

Se o encontro ocorrer logo após a decolagem, a aeronave irá perder sustentação numa situação crítica onde o "pitch" elevado e configuração de decolagem por si só, já são fatores que contribuem para um índice alto de arrasto. Se o piloto não conseguir impedir uma descida, mesmo que momentânea, um acidente poderá se inevitável (fig.11).

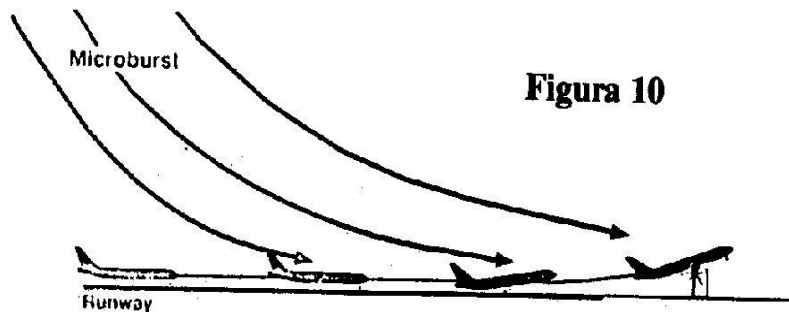


Figura 10

### Sobrevivendo a um Encontro

Análises de acidentes passados em conjunto com testes efetuados em simulador, demonstraram a necessidade do piloto se ater para algumas manobras básicas, se quiser sobreviver a um encontro com WS.

A primeira lição é que o piloto deve abandonar a aproximação ou decolagem (esta última, logicamente, somente se as condições de abordagem forem satisfatórias) no primeiro indicio de existência de WS severo através da observação de determinados parâmetros de performance de sua aeronave.

A segunda lição diz respeito a uma nova filosofia operacional. Quando do encontro com WS severo, a manutenção do voo projetado (linha imaginária na frente do avião que o livraria da colisão com obstáculos) passa a ter prioridade sobre a manutenção das velocidades recomendadas para a configuração da aeronave e condição de voo.

Assim, durante uma decolagem, e caso não seja mais possível interrompe-la, o piloto deverá rodar seu avião para o "pitch" (atitude) apropriado (este varia conforme o peso e, por esta razão, deve ser checado antes da decolagem, ver figura 13) e mantê-lo ou, até mesmo, aumentá-lo, até que não exista mais perigo de colisão com obstáculos, independente da velocidade. O único motivo que deveria levar o piloto a baixar o "pitch" na tentativa de recuperar velocidade é a atuação do "stick shaker"; o qual está relacionada diretamente com a possibilidade de um estol. É importante, também, lembrar-se de aplicar potência máxima nos motores, mesmo que isso signifique ultrapassar seus limites por alguns instantes.



By Figueroa

Durante uma aproximação, o piloto deverá iniciar uma arremetida e o "pitch" inicial será aquele normalmente usado para esta manobra. Caso este não seja suficiente para manter uma razão de subida satisfatória, então um valor maior deverá ser usado. Mais uma vez, o "stick shaker" deverá ser respeitado, e o uso de potência máxima deverá ser imediato. Em ambos os casos, a configuração da aeronave e seu "trim" deverão ser mantidos até que não exista mais perigo de colisão. Isso poderá exigir forças sobre o manche maiores que as normais.

### Prevenção contra WS

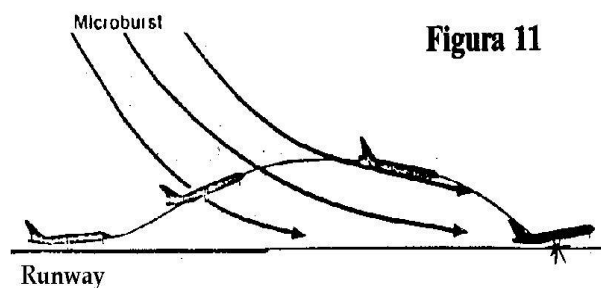
Sempre que o piloto suspeitar da presença de WS, poderá tomar algumas precauções que, em caso de encontro, aumentarão sobremaneira suas chances de sobrevivência. Tanto para decolagem como para o pouso, o piloto deverá usar a maior pista possível e um posicionamento de flap que não comprometa a corrida no solo nem crie muito arrasto durante a decolagem ou arremetida (lembre-se que a configuração da aeronave deverá ser mantida até não haver mais risco de colisão).

Para a decolagem, deverá ser usada a potência máxima permitida e uma velocidade de rotação maior que a requerida, respeitando-se o limite máximo da pista. Para calcular esta  $V_r$  máxima, checa-se a  $V_r$  relacionada ao peso Máximo de decolagem limitado pelo comprimento da pista, e compara-se com a  $V_r$  relacionada ao peso real. A  $V_r$  maior deverá ser usada respeitando-se um limite máximo de 20kt.

Se a pista for curta e não existir a possibilidade de usar uma  $V_r$  maior, então o piloto deverá levar em consideração a necessidade de tirar o avião do solo antes de atingir a  $V_r$ , devido ao perigo de colisão com obstáculos existentes no fim da pista. Recomenda-se que a rotação seja iniciada no máximo faltando 2000 ft para o término da pista, e o piloto não deverá tentar atingir esta velocidade, uma vez em voo, enquanto existir perigo de colisão com obstáculos. Somente o "stick skaker" deverá ser respeitado. Ainda, o uso do "Flight Director" só é recomendado para aqueles que possuem a função WS.

Da mesma forma que na decolagem, o piloto deverá usar uma velocidade maior na aproximação, até um máximo de 20kt da prevista. É importante ter em mente, porém, que essa velocidade excedente exige mais do que nunca, um pouso o mais dentro possível da zona de toque, para não correr o risco de "varar" a pista.

Ao contrário da decolagem, o uso do "Flight Director" é recomendado. Entretanto, é imperativo que os outros parâmetros de performance sejam continuamente monitorados, principalmente durante uma arremetida, onde o "pitch" (fornecido pelo FD) geralmente é fixo. Alias, neste caso, uma vez estabelecido o "pitch" inicial, talvez o ideal seja desligar o FD para o piloto não ser induzido a manter um "pitch" incompatível com a liberação de obstáculos.



### WS no Brasil

É comum observar pilotos comentando que WS "é coisa para gringo ver". Contudo, o fato de não termos muitos acidentes oficialmente relacionados a WS (talvez nenhum) deve-se a dois fatores básicos: O primeiro refere-se ao tráfego aéreo bem menos intenso que o dos EUA, e por isso a coincidência de um encontro fatal ocorre com muito pouca frequência. Também, o Brasil não conta com um serviço meteorológico amplo capaz de registrar corretamente os danos causados por CBS. O que não é o caso dos EUA. Mesmo em aeroportos internacionais este serviço não consta com aparelhagem adequada à detecção de WS.



*By Figueroa*

É fato comprovado, porém, que as trovoadas geradoras de WS severo tem sua maior ocorrência nas regiões tropicais. Quando é possível constatar os estragos no solo causados por estes fenômenos, esta afirmação torna-se incontestável. Urge, então, que seja mudada esta mentalidade, e que o país passe a considerar seriamente o problema de WS em suas operações.