



METEOROLOGIA PARA O VOO A VELA



Embora as corridas de cavalo possam ser o “Esporte dos Reis”, o voo a vela pode ser considerado o “Rei dos Esportes”. A capacidade de ascensão durante um voo leva os velejadores a navegar. O voo a vela fez contribuições notáveis para a meteorologia. Por exemplo, os pilotos testaram tempestades e ondas nas montanhas com descobertas que tornaram o voo mais seguro para todos os pilotos. No entanto, o voo a vela é principalmente recreativa.

Um planador deve ter uma energia auxiliar para ser transportado pelo ar, como um guincho, um reboque no solo ou um reboque por uma aeronave motorizada. Assim que o planador estiver no ar e o cabo de reboque for solto, o desempenho depende do tempo e da habilidade do piloto. O empuxo para a frente provém de planar para baixo em relação ao ar, da mesma forma que o empuxo é desenvolvido em um planeio por uma aeronave convencional que esteja sem potência. Portanto, para ganhar ou manter a altitude, o piloto de planador deve confiar no movimento ascendente do ar.

Para um piloto de planador, “ascender” significa a razão de subida que ele pode alcançar em uma corrente ascendente, enquanto “afundar” denota sua razão de descida em uma corrente descendente ou em um ar neutro. “Afundar zero” significa que os fluxos ascendentes são fortes o suficiente para permitir que ele mantenha a altitude, mas não aumente. Planadores são máquinas altamente eficientes; uma razão de afundamento de meros 2 pés por segundo fornece uma velocidade no ar de cerca de 40 nós, e uma razão de afundamento de 6 pés por segundo dá uma velocidade no ar de cerca de 70 nós. Alguns planadores de treinamento de dois lugares têm razões de afundamento mais altas.

Numa térmica, um piloto de planador geralmente voa de 35 a 40 nós com uma razão de afundamento de cerca de 2 pés por segundo. Portanto, se ele permanecer no ar,

ele deve ter uma corrente de ar ascendente de pelo menos 2 pés por segundo. Não adianta tentar subir até que as condições climáticas favoreçam com velocidades verticais maiores que a razão mínima de afundamento da aeronave. Essas correntes verticais se desenvolvem a partir de várias fontes, e essas fontes classificam a subida em cinco classes: (1) Subida Térmica, (2) Subida Frontal, (3) Brisa do Mar, (4) Cume ou Colina, e (5) Onda de Montanha

ASCENDENDO NAS TÉRMICAS

Peter Dixon estima que cerca de 80% de todos os voos nos EUA dependem da elevação térmica. O que é uma térmica? Uma térmica é simplesmente a corrente ascendente em uma corrente convectiva de pequena escala.

Todos os pilotos analisam o padrão climático para atividades convectivas. Lembre-se que a turbulência é proporcional à velocidade em que a aeronave penetra as ascendentes e descendentes adjacentes. A aeronave de movimento rápido experimenta “batidas” e tenta evitar a turbulência convectiva. O piloto em voo mais lento goza de uma mudança gradual de térmicas para áreas de afundamento. Ele persegue as células convectivas locais usando as térmicas para a ascender.

Um planador está sempre afundando em relação ao ar. Para manter ou ganhar altitude, portanto, o piloto deve gastar tempo suficiente em térmicas para superar o afundamento normal da aeronave, bem como para recuperar a altitude perdida em descidas. Ele geralmente circula a uma velocidade lenta em uma térmica e, em seguida, acelera em linha reta para a próxima térmica, como mostrado na figura 1.

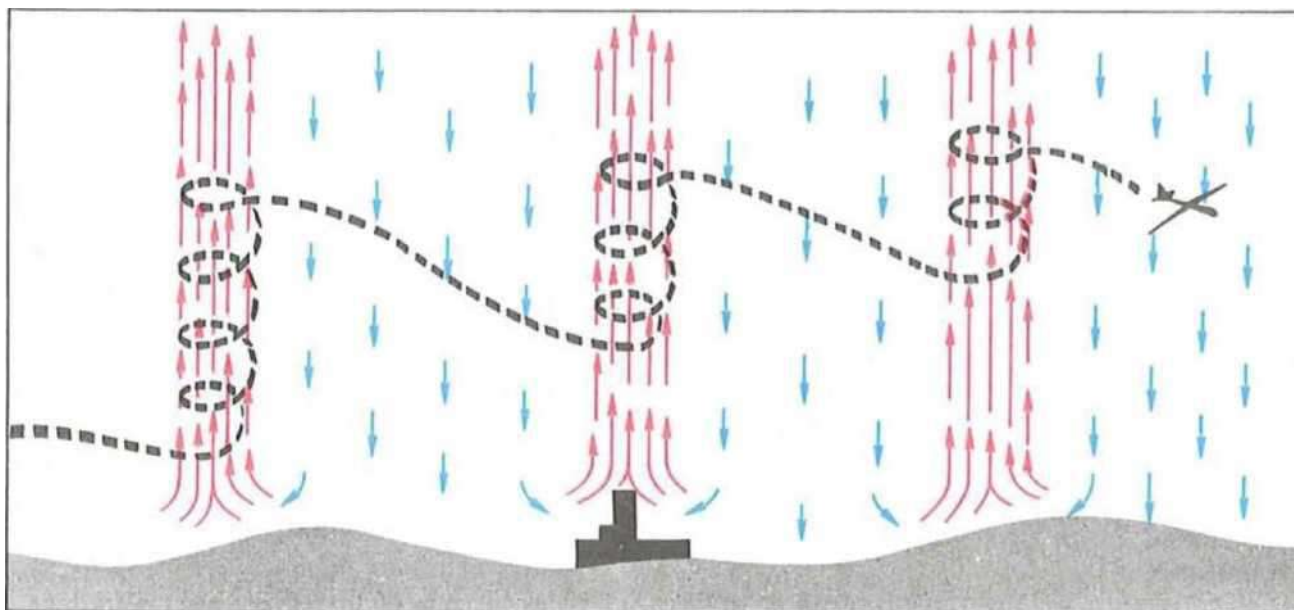


FIGURA 1. As temperaturas térmicas geralmente ocorrem em uma pequena porção de uma área enquanto predominam as correntes descendentes. As subidas nas térmicas geralmente são consideravelmente mais fortes que as descendentes. Pilotos de planadores ganham altitude em térmicas e mantêm a perda de altitude mínima em correntes de ar.

Aquecimento em níveis baixos é pré-requisito para térmicas; e este aquecimento é vindo principalmente do sol, embora possa ser aumentada por fontes de calor feitas pelo homem, como chaminés, fábricas e cidades. O ar frio deve afundar para forçar o ar quente para cima. Portanto, na convecção em pequena escala, as térmicas e as descendentes coexistem lado a lado. O deslocamento ascendente do ar deve ser igual ao deslocamento descendente. Térmicas fortes geralmente cobrem uma pequena porcentagem de uma área convectiva, enquanto as descendentes mais lentas predominam sobre a porção maior remanescente, como mostrado na figura 1.

Como as térmicas dependem do aquecimento solar, o aumento térmico é restrito virtualmente às horas do dia com sol considerável. O ar tende a se tornar estável à noite devido ao baixo nível de resfriamento pela radiação terrestre, muitas vezes resultando em uma inversão na superfície ou perto dela. O ar estável suprime a convecção e as térmicas não se formam até que a inversão “queime” ou se eleve o suficiente para permitir a subida sob a

inversão. O mais cedo que uma térmica pode começar varia desde a parte da manhã até o início da tarde, o tempo depende da força da inversão e da quantidade de aquecimento solar. O mais importante para o sucesso de um piloto de planador é sua habilidade em diagnosticar e localizar térmicas.

LOCALIZAÇÃO DE TÉRMICAS

Como as térmicas convectivas se desenvolvem a partir de um aquecimento irregular na superfície, o local mais provável para uma térmica é acima de uma superfície que se aquece rapidamente.

Tipos de superfícies de terreno

Quando o céu está sem nuvens, o piloto em voo deve procurar as superfícies que aquecem mais rapidamente e procurar térmicas acima dessas áreas. Superfícies áridas, arenosas ou rochosas, campos arados, plantações recentemente colhidas cercadas por vegetação verde, cidades, fábricas, chaminés, etc., são boas fontes térmicas. Um piloto aprende através da experiência os pontos mais favoráveis em sua área local. Mas os recursos do terreno são apenas parte da história; a hora do dia influencia não apenas

quando as térmicas se formam, mas também onde.

Ângulo do sol

O ângulo do sol afeta profundamente a localização das térmicas em paisagens montanhosas. Durante o início do dia, o sol atinge as encostas voltadas para o leste mais diretamente do que as outras encostas; portanto, as áreas mais favoráveis para térmicas são as encostas orientais. As áreas favoráveis se deslocam para as encostas do sul durante o meio-dia. À tarde, eles se movem para as encostas voltadas para o oeste antes de começarem a enfraquecer enquanto o sol da tarde desce em direção ao horizonte ocidental. Por exemplo, se uma ponta rochosa se projeta acima de uma planície gramada, a área mais provável das térmicas é sobre a encosta leste na manhã e a encosta oeste na parte da tarde. Uma vez que um piloto avistou uma superfície provável, ele pode procurar por outras pistas visuais.

Poeira e Fumaça

Os ventos de superfície devem convergir para alimentar uma térmica; então, quando você avistar um local provável para uma térmica, procure por poeira ou fumaça perto da superfície. Se você puder ver poeira ou fumaça de “streamers” de duas ou mais fontes convergindo no local, como mostrado na figura 2 (A), você escolheu sabiamente. Se, no entanto, as direções divergirem como mostrado na figura 2 (B), é provável que uma corrente de ar paire sobre o local e que seja hora de seguir em frente.

Elevadas colunas de fumaça de chaminés e fábricas marcam térmicas aumentadas por fontes feitas pelo homem. Essas colunas ascendentes são indicações positivas de térmicas. Elas são boas fontes de sustentação se a velocidade ascendente for grande o suficiente para sustentar a aeronave e se elas forem largas o suficiente para permitir a circulação. Cidades podem fornecer térmicas; mas para usar uma térmica em uma área

povoada, o piloto deve ter altitude suficiente para planar para fora da área, caso a térmica termine.

Redemoinhos

Os redemoinhos ocorrem sob céus ensolarados sobre superfícies secas e com areia e poeira e são sinais seguros de fortes térmicas com muita ascensão. Para lidar com essa excelente fonte ascendente, você deve ter cuidado. As térmicas são fortes e turbulentas e estão cercadas por áreas de pouca elevação ou possivelmente de afundamento.

Aproximar-se do redemoinho a uma altitude muito baixa, a aeronave pode afundar muito para uma recuperação. Um procedimento recomendado é sempre se aproximar do vórtice girando a uma altitude de 500 pés ou mais acima do solo. A essa altitude, você tem espaço suficiente para manobras, no caso de entrar em um fluxo descendente ou turbulento grande demais para manter um certo conforto.

Um redemoinho pode girar no sentido horário ou anti-horário. Antes de se aproximar da coluna empoeirada, determine sua direção de rotação observando a poeira e os detritos perto da superfície. Philip Wills cita R. H. Swinn, Instrutor Chefe da Escola Egípcia de Planadores, que ao se aproximar e entrar em um redemoinho: “... a cerca de 500 pés; o piloto vira-se para o redemoinho e reduz sua velocidade à medida que se aproxima do mínimo compatível com o controle do planador. Ao se aproximar da coluna de areia girando, ele faz um círculo no lado de fora do redemoinho contra a direção da rotação, tomando cuidado para lhe dar um espaço mais amplo no lado do vento. À luz da leitura do variômetro no círculo inicial, um contato mais próximo é feito com a coluna ou uma saída apressada é feita para uma órbita mais segura”.

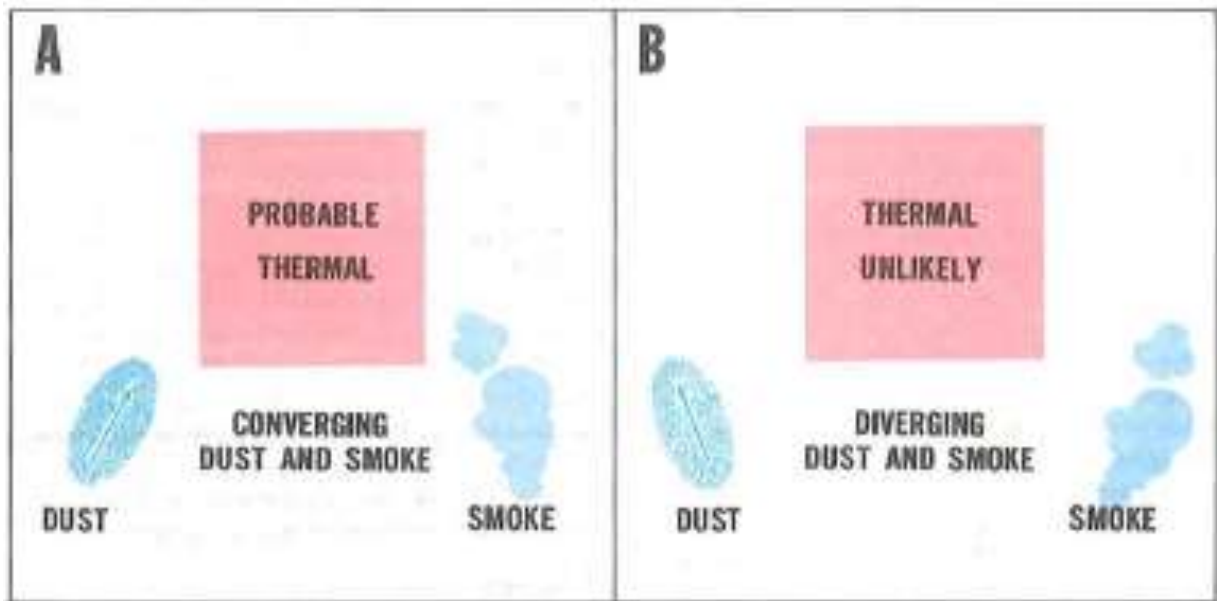


FIGURA 2. Usando o pó da superfície e o movimento da fumaça como indicações de uma térmica. Quando você avistar uma área que você acha que vai aquecer rapidamente (a área vermelha), procure por poeira ou fumaça na superfície como um indicador do vento da superfície. Flechas convergentes de fumaça ou poeira (à esquerda) aumentam a probabilidade de uma térmica. Flocos divergentes reduzem a probabilidade de uma térmica.

Por que você deve entrar contra a direção da rotação? A Figura 3 mostra um corte horizontal de um redemoinho em rotação no sentido horário e as formas de entrar nele. Se você entrar com a direção de rotação como à esquerda, a velocidade do vento será adicionada à sua velocidade aerodinâmica, dando a você uma velocidade de circulação rápida, provavelmente grande demais para permanecer na térmica. Contra a rotação como à direita, a velocidade do vento é subtraída da velocidade, dando-lhe uma velocidade de rotação lenta.

Por que diminuir sua velocidade ao mínimo? Quando você se aproxima do aumento dos ventos de proa, a inércia da aeronave causa um aumento na velocidade. Se a sua aproximação for muito rápida, o impulso poderia levar a velocidade acima do limite.

Fique fora do "olho" do vórtice. A força centrífuga no centro lança o ar para fora, reduzindo consideravelmente a pressão dentro do centro oco. O ar rarefeito no centro proporciona muito pouca sustentação, e a

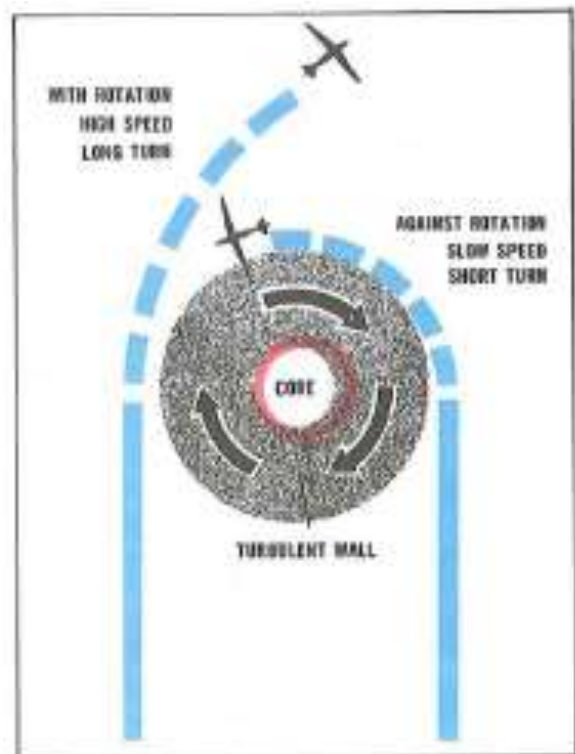


FIGURA 3. Seção transversal horizontal de um redemoinho girando no sentido horário. Se a aeronave se aproximar do redemoinho com a direção de rotação como à esquerda, o aumento do vento de cauda reduz a velocidade e pode resultar em perda de altitude ou até mesmo de um estol. Quando o piloto recupera o controle, sua velocidade circulante é a soma de sua velocidade e da velocidade tangencial do vórtice; seu raio de curva pode ser grande demais para permanecer na ascendente. Ao se aproximar da rotação, a aeronave

ganha velocidade aerodinâmica; a velocidade de circulação é reduzida à medida que a velocidade tangencial do vórtice é subtraída da velocidade. O piloto tem muito mais liberdade e espaço para manobras. No centro há um núcleo que fornece pouca ou nenhuma ascensão. Imediatamente em torno do núcleo é uma área turbulenta.

área do centro é muito turbulenta. Citando ainda o Sr. Swinn, “Uma curva muito apertada no lado do vento colocou uma parte da minha asa interna no vórtice; o choque me jogou nos suspensórios e a asa se curvou de maneira alarmante. Esta área central de pressão bastante reduzida é algo que se pode experimentar para se acreditar. Seguindo de perto, este foi o impacto de atingir a área de maior elevação do lado de fora do núcleo central. O resultado final foi que o planador foi lançado completamente para fora da coluna.”

Se você está a 500 pés ou mais acima do solo, mas tendo problemas para encontrar sustentação, vale a pena tentar o redemoinho. Se a térmica for suficientemente larga para permitir que circule dentro dela, você deve permanecer. A coluna de poeira pode ser bastante estreita, mas esse fato não significa necessariamente que a ascendente seja estreita; a ascendente pode se estender além dos limites externos de poeira visível. A maneira de descobrir é tentar. Aproxime-se da coluna empoeirada contra o sentido da rotação a uma velocidade mínima. Aproxime-se da coluna perto da borda externa da poeira e fique longe do núcleo de vórtice. Permaneça alerta; você está circulando a pouco mais de uma distância da violenta turbulência.

Aves e planadores

Aves que planam têm uma incrível capacidade de localizar térmicas. Quando os pássaros permanecem no ar sem bater as asas, eles estão montados em uma térmica. Um planador em ascensão também mostra a habilidade do piloto em localizar térmicas. Quando os pescadores estão espalhados ao longo de uma margem do rio ou margem do lago, o melhor lugar para lançar sua linha é

perto do pescador que está pegando peixe. O mesmo é com a térmica. Aproxime-se por baixo da aeronave que sobe com sucesso e pegar a térmica que ele está girando ou misture-se aos pássaros que estão subindo.

O vento faz com que uma térmica se incline com a altitude. Ao procurar as aves ou planadores que estão girando em uma térmica, você deve ter em conta o vento. Uma térmica não pode ser contínua a partir da superfície para cima até que alcance os pássaros mais altos ou o planador; em vez disso, pode ser em segmentos ou bolhas. Se você não conseguir encontrar a térmica onde espera, procure em outro lugar.

Nuvens Cumulus

Quando as nuvens convectivas se desenvolvem, o aumento térmico geralmente é o melhor, e o problema de localizar térmicas é bastante simplificado. Sabemos que o ar ascendente se move e se resfria à medida que sobe. Se o ar estiver úmido o suficiente, o arrefecimento expansivo reduz a temperatura para o ponto de orvalho; uma nuvem de convecção, ou cumulus, forma-se sobre a fonte térmica. Nuvens cumulus são sinais positivos de térmicas, mas as térmicas crescem e morrem. Uma nuvem cresce com uma térmica; mas quando a térmica morre, a nuvem evapora lentamente. Como a nuvem desaparece após a cessação térmica, o piloto que consegue identificar a diferença entre um cumulus em crescimento e um agonizante, aumenta a sua habilidade em ganhar altitude.

O ar mais quente e mais rápido está no centro da térmica. Portanto, a base da nuvem será mais alta no centro, dando uma forma côncava à base da nuvem, como mostrado na esquerda e no centro da figura 4. Quando a térmica cessa, a base assume uma forma convexa, como mostrado à direita. Outra sugestão a ser procurada é o contorno dos lados e topo da nuvem. O esboço do cumulus crescente é firme e agudo. O cumulus moribundo tem lados fragmentários e não tem o contorno definido. Estes contornos

estão esquematizados também na figura 4. A figura 5 é uma fotografia de um cumulus moribundo.

Você pode esperar encontrar uma térmica abaixo de qualquer um dos cumulus crescentes na figura 4. Na média, o cumulus infantil à esquerda seria a melhor escolha por causa de sua maior expectativa de vida. Isso é claro, jogando as probabilidades, já que todos os cumulus não crescem para o mesmo tamanho.

A cobertura de nuvens às vezes aumenta à medida que o aquecimento da superfície aumenta até que grande parte do céu esteja coberta. Novamente, o aquecimento da superfície é cortado, fazendo com que as térmicas enfraqueçam ou parem completamente. A nebulosidade pode então diminuir. Se não for tarde demais no dia, as térmicas se regenerarão. No período interino da extensa cobertura de nuvens, você pode não ter outra escolha a não ser aterrissar e esperar que as nuvens se movam ou diminuam a cobertura.

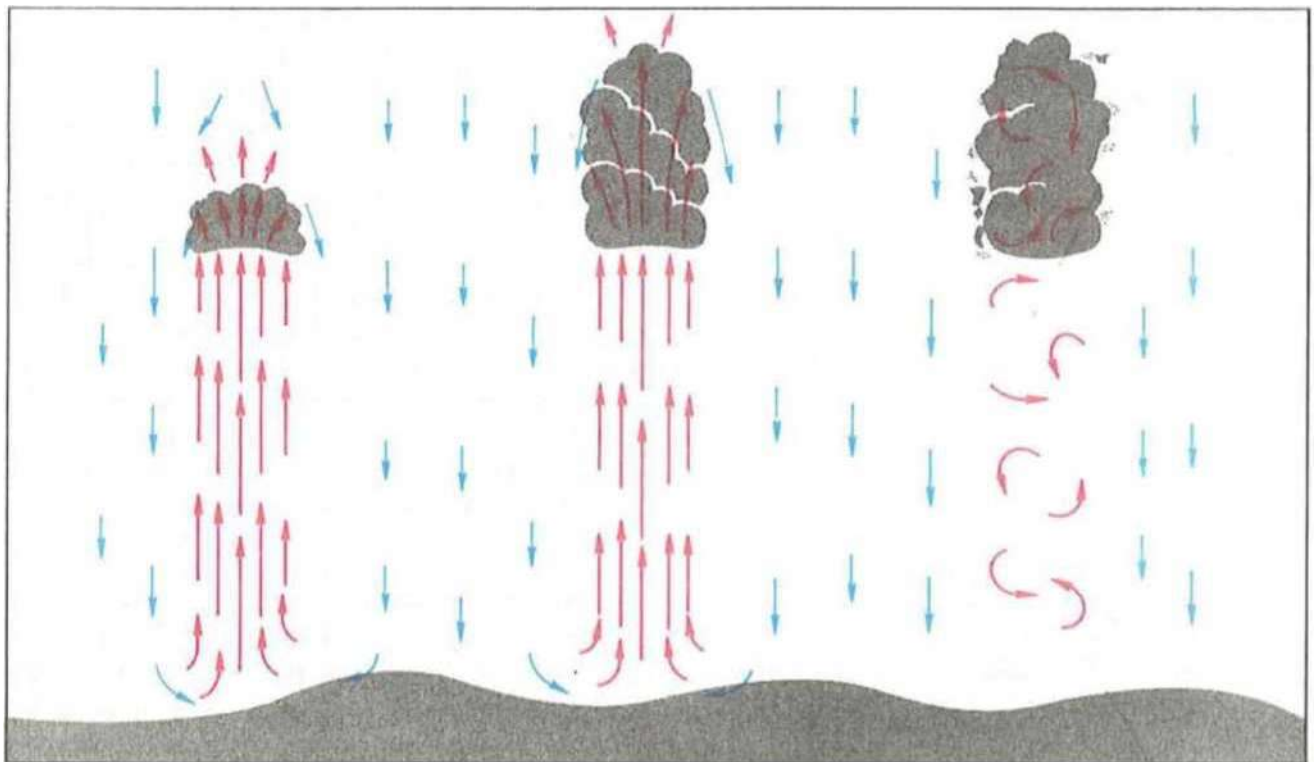


FIGURA 4. Nuvens cumulus crescem apenas com térmicas ativas, como mostrado à esquerda e no centro. À direita, a térmica tem subface e a nuvem está morrendo. Procure por uma térmica apenas sob um cumulus com uma base côncava e contornos superiores agudos. Um cumulus com uma base convexa ou contorno fragmentário está se dissipando; a térmica sob ela diminuiu. Na maioria das vezes, uma nuvem começando a crescer como na esquerda é a melhor escolha por causa de sua maior expectativa de vida

Quando uma nuvem cumulus cresce, ela pode sombrear a superfície que a gerou. A superfície esfria, prendendo temporariamente a térmica. Quando a nuvem dissipa ou se afasta com o vento, a superfície aquece novamente e regenera a térmica. Esse aquecimento intermitente é um dos modos pelos quais as térmicas ocorrem como segmentos ou bolhas.

As nuvens podem se elevar até uma inversão interna de alto nível e se espalhar na base da inversão para cobrir grande parte do céu. O aquecimento solar é interrompido e as térmicas enfraquecem ou morrem. Este tipo de nebulosidade pode ser persistente, permanecendo, frequentemente, até próximo do pôr-do-sol, e pode parar a subida térmica até outro dia.

Embora a abundante cobertura de nuvens convectivas reduza a atividade térmica, não podemos citar uma quantidade definida que torne as térmicas muito fracas para a subida. Cerca de 5/10 de cobertura parece ser uma boa aproximação média. A restrição de térmicas pela nebulosidade do cumulus torna-se perceptível em níveis baixos. Um planador pode ser incapaz de subir mais do que algumas centenas de metros a uma altitude baixa, enquanto os pilotos em níveis mais altos estão mantendo a altura em, ou logo abaixo de 6/10 a 8/10 de cobertura de nuvens convectivas.

Cumulus elevados e Cumulonimbus

Quando o ar é altamente instável, a nuvem cumulus pode crescer em um cumulus imponente mais ambicioso ou cumulonimbus.



FIGURA 5. Fotografia de um cumulus moribundo. Observe as bordas indistintas e fragmentos de nuvens. A base parece estar em contato. Seria de esperar pouca ou nenhuma ascensão sob esta nuvem. Por outro lado, observe o topo do cumulus no canto inferior esquerdo. As arestas são mais definidas e uma térmica é mais provável nessa nuvem.

Essas nuvens são uma espécie diferente. A energia liberada pela copiosa condensação pode aumentar a flutuabilidade até que as térmicas se tornem violentas.

Um cúmulo elevado pode produzir chuvas. O cumulonimbus é a nuvem de trovoadas produzindo chuva forte, granizo e gelo. Um

cumulus e cumulonimbus bem desenvolvidos são apenas para o piloto experiente.

Alguns pilotos encontram uma forte ascensão na precipitação ou perto da precipitação, mas evitam o granizo que pode agredir seriamente o planador e, finalmente, transformar-se num grande prejuízo.

Termas violentos logo abaixo e dentro dessas nuvens altamente desenvolvidas são tão fortes que eles continuarão a transportar um planador para cima, mesmo com o nariz para baixo e a velocidade na VNE. O piloto desavisado pode se ver sugado pela nuvem. O piloto que inadvertidamente entrou em uma tempestade e voltou para contar sobre isso nunca espera repetir este desempenho.

Média e alta nebulosidade

Densas, quebradas ou encobertas, nebulosidade média e alta sombreiam a superfície cortando o aquecimento da superfície e térmicas convectivas. Em um dia geralmente quente e brilhante, mas com nebulosidade média ou alta, fina ou irregular, o cumulus pode se desenvolver, mas as térmicas são poucas e fracas. A nebulosidade

de alto nível pode variar em fragmentos. As térmicas podem aumentar e diminuir à medida que a nebulosidade diminui e aumenta. Nunca preveja o aumento térmico ideal quando incomodado por essas nuvens de nível médio e alto.

Nuvens de *Alto cumulus castellanus*, nuvens de nível médio convectivas mostradas na figura 6, se desenvolvem em subida e descida logo abaixo dos níveis das nuvens. Eles não se estendem para cima a partir da superfície. Se um planador pode atingir níveis próximos às bases das nuvens, as correntes ascendentes com *alto cumulus castellanus* podem ser usadas da mesma forma que as térmicas formadas pela convecção de

reputação de serem áreas de baixa atividade térmica. Nuvens convectivas podem ser abundantes, mas as térmicas geralmente são fracas.

Precipitação proveniente do *cumulus disperso* ou *cumulonimbus* é um sinal seguro de ar instável favorável para térmicas. Mas quando as chuvas encharcaram o solo em áreas localizadas, as correntes descendentes são quase certas nessas superfícies molhadas. Evite áreas encharcadas por chuva ao procurar por térmicas.

Um piloto também pode melhorar sua habilidade em ganhar altura sabendo o que acontece dentro de uma térmica.

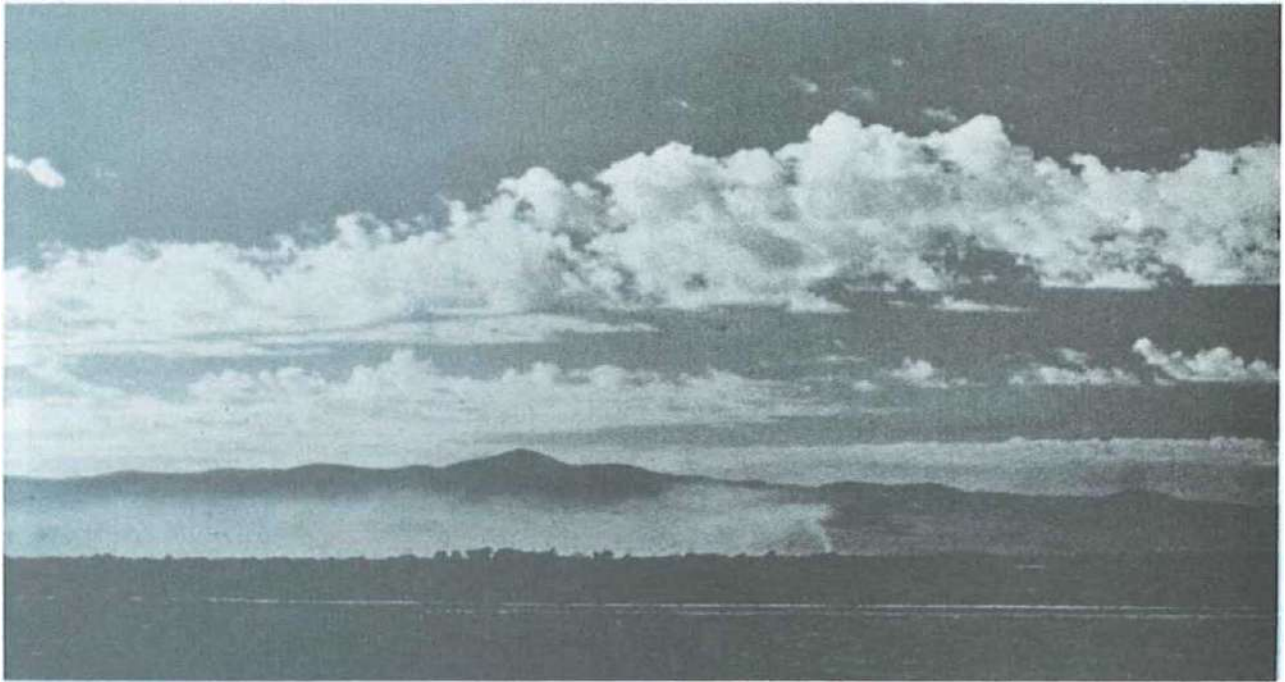


FIGURA 6. Nuvens *Alto cumulus castellanus* são nuvens convectivas de nível médio. Na maioria das vezes, elas se desenvolvem em uma camada instável no alto, e as térmicas não se estendem do solo para cima até essas nuvens. A convecção destas nuvens pode ser usada para ascender se o piloto for capaz de atingir a altitude até a base da camada instável. Fumaça deitada perto do solo indica estabilidade nos níveis mais baixos.

superfície. O problema está em atingir o nível convectivo.

Solo molhado

O solo úmido favorece menos as térmicas que o solo seco, já que o solo úmido aquece mais lentamente. Algumas áreas planas com solo úmido, como pântanos e áreas de maré, têm

ESTRUTURA TÉRMICA

Térmicas são tão variadas quanto as árvores em uma floresta. Não há duas exatamente iguais. Quando o aquecimento da superfície é direto e contínuo, uma térmica, uma vez iniciada, continua por um período prolongado em uma coluna constante como na figura 7. Às vezes chamada de “chaminé térmica”, esse

tipo parece ser mais comum na experiência. Na chaminé térmica, a ascensão estará disponível a qualquer altitude abaixo de um planador ou de pássaros voando.

Quando o aquecimento é lento ou intermitente, uma “bolha” pode ser comprimida e forçada para cima; depois de um intervalo que varia de alguns minutos a uma hora ou mais, outra bolha se forma e sobe como na figura 8.

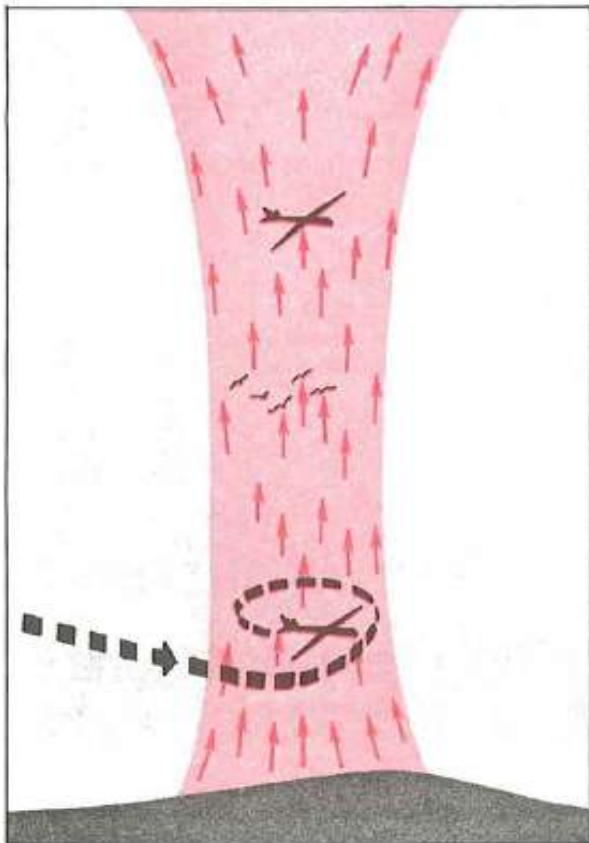


FIGURA 7. A experiência indica que a “chaminé” térmica, que é contínua do solo para cima, é o tipo mais prevalente. Um planador de hidroavião pode encontrar um elevador em tal térmica sob pássaros altos ou outra aeronave que voa alto.

Como explicado anteriormente, o sombreamento intermitente por nuvens cumulus se formando em cima de uma térmica é uma razão para a existência de uma bolha térmica. Um planador ou pássaros podem estar subindo em uma bolha, mas uma aeronave tentando entrar na térmica a uma altitude mais baixa pode não encontrar esta ascensão.

Uma estrutura teórica favorecida de algumas térmicas de bolhas é a concha de vórtice que é muito parecida com um anel de fumaça soprado para cima, conforme diagramado na figura 9. A ascensão é mais forte no centro do anel; correntes descendentes podem ocorrer nas bordas do anel ou concha; e fora da concha, seria de se esperar descendentes fracas.

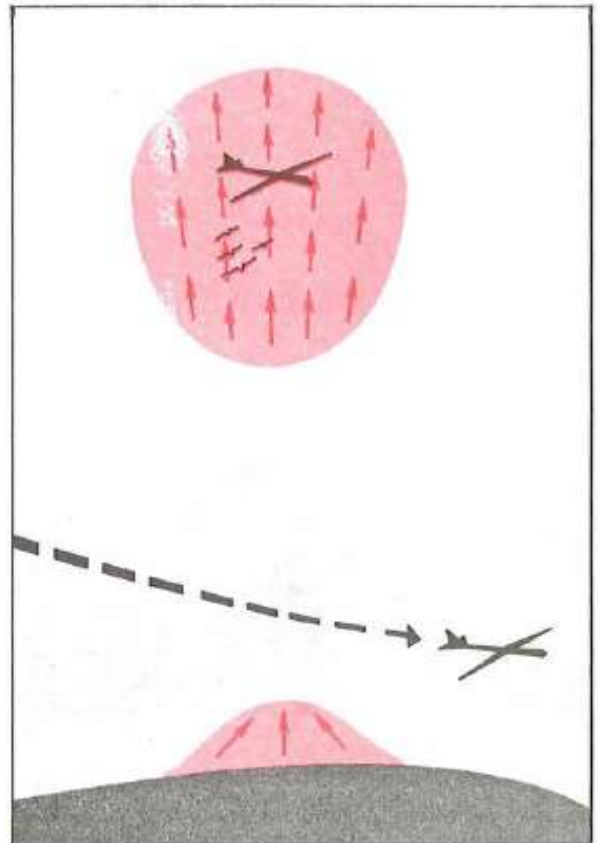


FIGURA 8. Térmicas podem ser “bolhas” intermitentes. A frequência das bolhas varia de alguns minutos a uma hora ou mais. Um piloto que está voando alto ficará desapontado quando procurar a térmica sob pássaros ou planadores que voam neste tipo de térmica.

Vento e Cisalhamento do Vento

As térmicas desenvolvem-se com uma condição calma ou com vento leve e variável. No entanto, parece que um vento de 5 a 10 nós favorece as térmicas mais organizadas.

Um vento de superfície superior a 10 nós geralmente significa ventos mais fortes, resultando em cisalhamento vertical do vento. Este corte faz com que as térmicas

visivelmente se inclinem. Ao procurar uma térmica debaixo de um planador em ascensão e você sabe ou suspeita que as térmicas estão inclinadas em cisalhamento, procure ascender a favor do planador mais alto, como mostrado na figura 9.

O efeito do cisalhamento nas térmicas depende da força relativa dos dois. As térmicas fortes podem permanecer razoavelmente bem organizadas com forte cisalhamento vertical do vento; o vento de superfície pode até estar no máximo, o que permitirá um lançamento seguro. As térmicas fracas são desorganizadas e rasgadas em pedaços pelo forte cisalhamento vertical do vento; elementos térmicos individuais tornam-se difíceis de encontrar e muitas vezes são muito pequenos para serem usados em ascendentes. Um cisalhamento superior a 3 nós por mil pés desativa as térmicas na medida em que elas são difíceis de se usar.

Nenhuma velocidade crítica do vento na superfície pode nos dizer quando esperar tal cisalhamento. No entanto, a ação de cisalhamento geralmente é visível em nuvens cumulus. Uma nuvem às vezes se inclina, mas mostra uma chaminé contínua. Em outras ocasiões, as nuvens são completamente separadas em segmentos pelo cisalhamento, como na figura 10. Lembre-se, no entanto, que essa ação de cisalhamento está no nível da nuvem; térmicas abaixo das nuvens podem ser bem organizadas.

Não devemos ignorar um outro efeito vital do corte de vento de baixo nível. Na aproximação final para pouso, a aeronave está descendo em direção contrária. A inércia da aeronave no vento decrescente causa uma queda na velocidade. A diminuição da velocidade pode resultar em perda de controle e talvez ocorra um estol. O resultado pode ser um pouso deslegante com possíveis danos à aeronave. Uma boa regra é adicionar um nó na velocidade de aproximação para cada nó de vento de superfície.

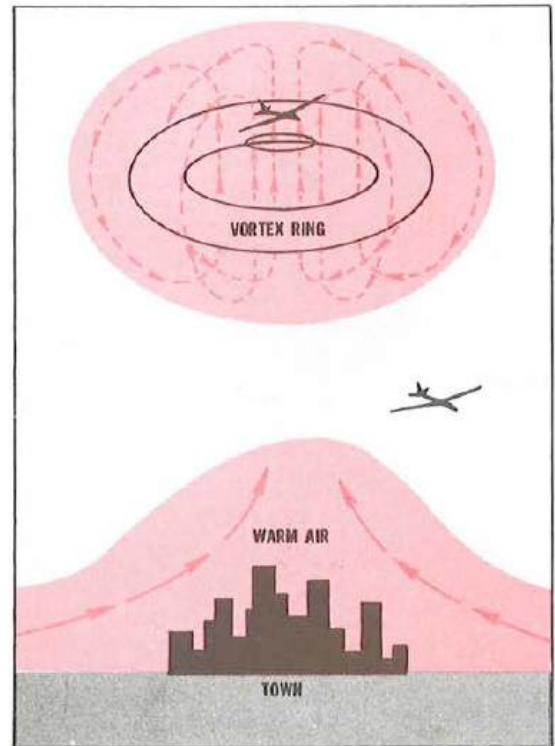


FIGURA 9. Acredita-se que uma bolha térmica, por vezes, desenvolve um anel de vórtice que se assemelha a um anel de fumaça soprado para cima. O centro do anel proporciona uma excelente ascensão. Um piloto encontra apenas uma subida fraca ou possivelmente afunda nas franjas do anel.

Ruas térmicas

Não raro, as térmicas se organizam em “ruas térmicas”. Geralmente, essas ruas são paralelas ao vento; mas de vez em quando elas têm sido observadas em ângulo reto com o vento. Elas se formam quando a direção do vento muda pouco ao longo da camada convectiva e a camada é coberta por um ar muito estável. A formação de um amplo sistema de ruas uniformemente espaçadas é reforçada quando a velocidade do vento atinge o máximo dentro da camada convectiva; isto é, o vento aumenta com a altura da superfície para cima até um máximo e depois diminui com a altura para o topo da camada convectiva. Figura 158 11 diagramas das condições favoráveis para rua térmica. As ruas térmicas podem ocorrer tanto no ar limpo quanto com nuvens convectivas.

A distância entre as ruas em tal sistema é de duas a três vezes a profundidade geral da

camada de contato. Se houver nuvens convectivas, essa distância será de duas a três vezes a altura dos topos das nuvens. As correntes descendentes entre estas ruas térmicas são geralmente pelo menos moderadas, às vezes fortes. Ruas com nuvens cumulus frequentemente se formam nos Estados Unidos por trás de frentes frias advindas dos ventos polares nos quais os cumulus são relativamente planos. Um piloto pode voar por baixo de uma rua de nuvens, mantendo um voo geralmente contínuo e raramente, se é que alguma vez, terá de circular. A Figura 159 é uma fotografia de bandas de nuvens cumulus que marcam as ruas térmicas.

O mais provável é que você esteja ascendendo em um aeroporto com uma atividade considerável - possivelmente a base de um clube de voo a vela- e você está interessado em uma previsão de ascensão. Seu aeroporto pode ter uma fonte estabelecida de previsão meteorológica diária do Serviço Nacional de Meteorologia. Se as condições forem favoráveis para a ascender, você estará especificamente interessado na hora que o início da ascensão irá começar, quão altas as térmicas estarão, a força das térmicas, visibilidade na superfície e altitudes elevadas, probabilidade de chuvas e ventos, tanto na superfície quanto em altitude.

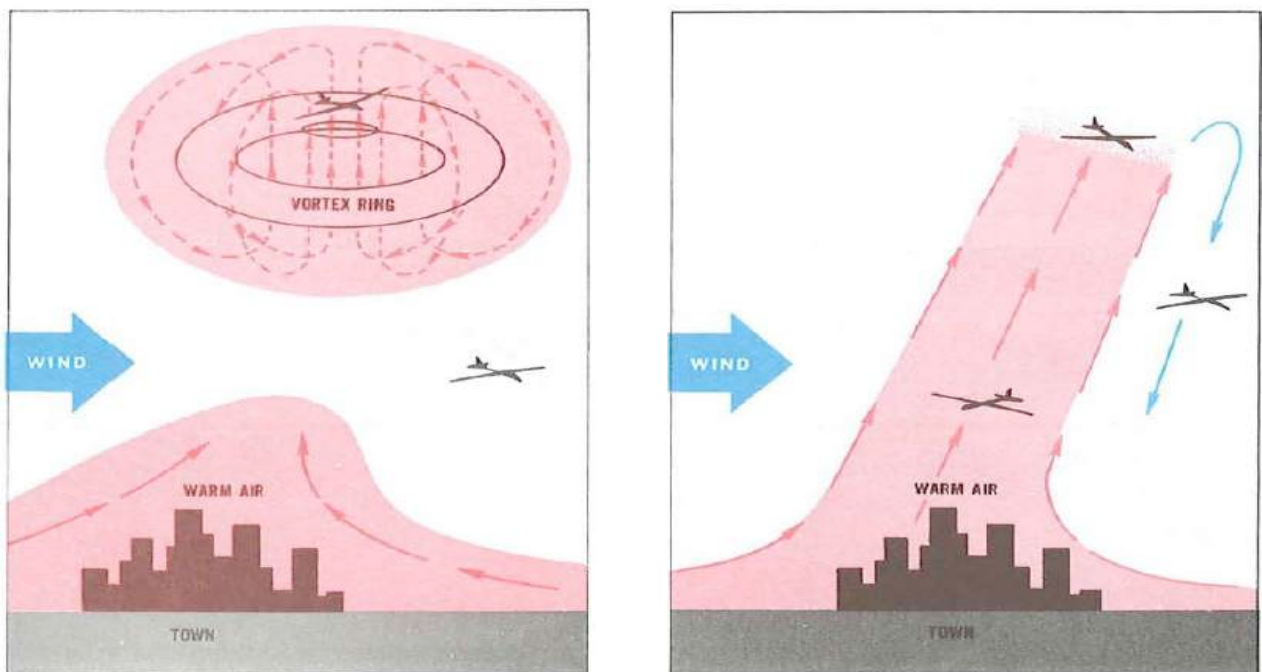


FIGURA 10. O vento faz com que as térmicas se inclinem. Um piloto em busca de pássaros em ascensão ou outras aeronaves ou nuvens cumulus deve entrar na térmica com vento de proa a partir do sinal visual de nível mais alto

ALTURA E FORÇA DAS TÉRMICAS

Como as térmicas são um produto de instabilidade, a altura das térmicas depende da profundidade da camada instável e sua força depende do grau de instabilidade.

A previsão pode incluir itens como o índice térmico (TI), a previsão máxima de temperatura e a profundidade da camada convectiva.

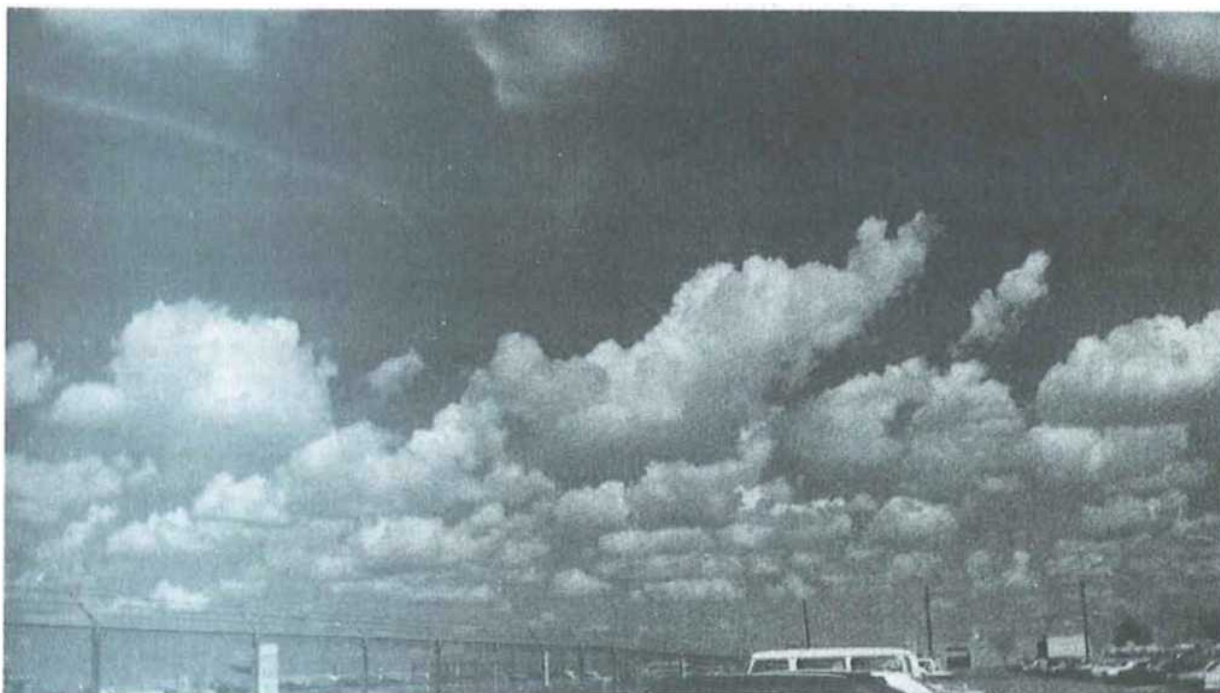


FIGURA 11 - Fotografia das nuvens cumulus cortadas pelo cisalhamento do vento. Localizando térmicas e permanecendo nelas sob estas nuvens pode ser difícil.

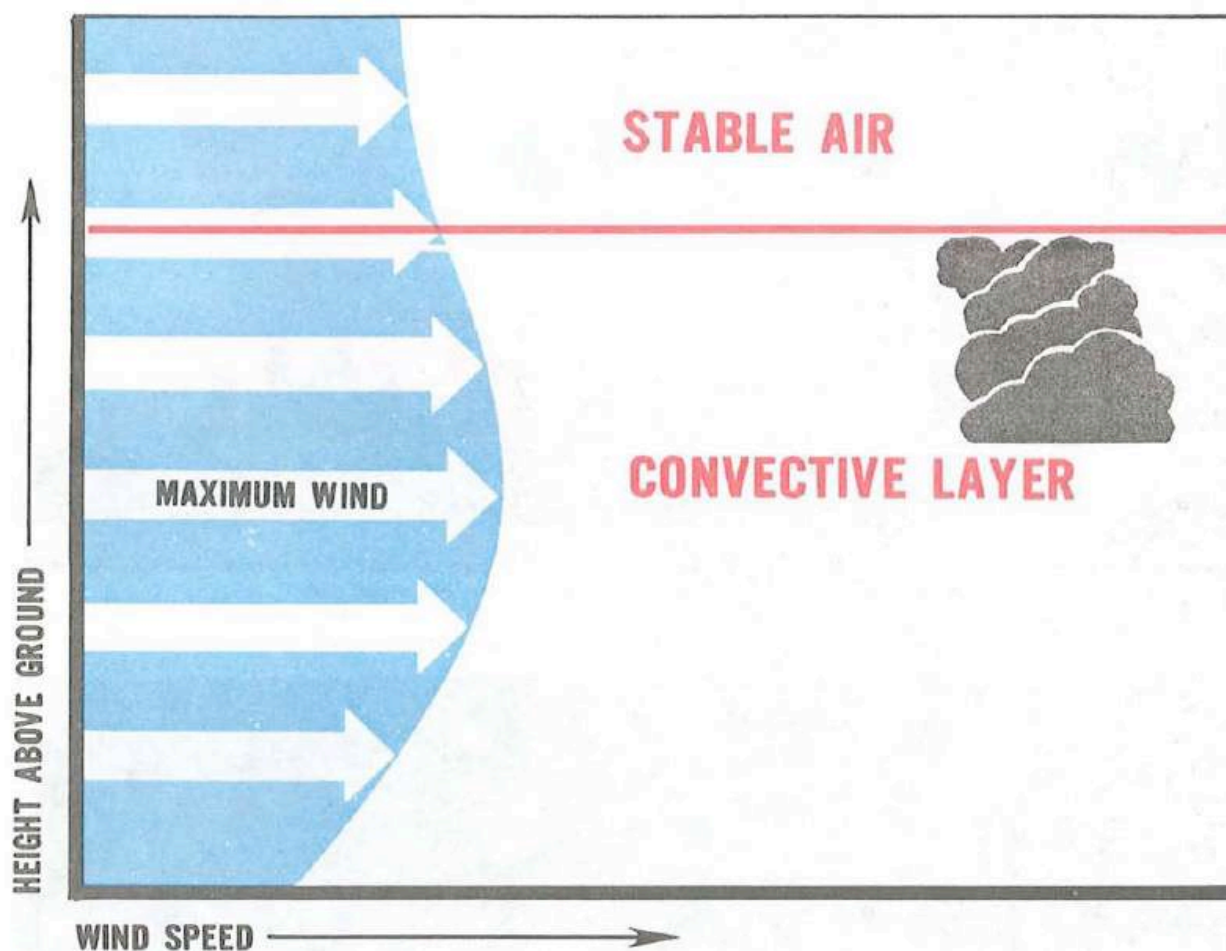


FIGURA 12. Condições favoráveis ao funcionamento térmico. Uma camada muito estável cobre a camada convectiva, e o vento atinge o máximo dentro da camada convectiva. Se as nuvens cumulus marcarem ruas térmicas, a parte superior da camada convectiva terá aproximadamente a altura dos topos das nuvens.

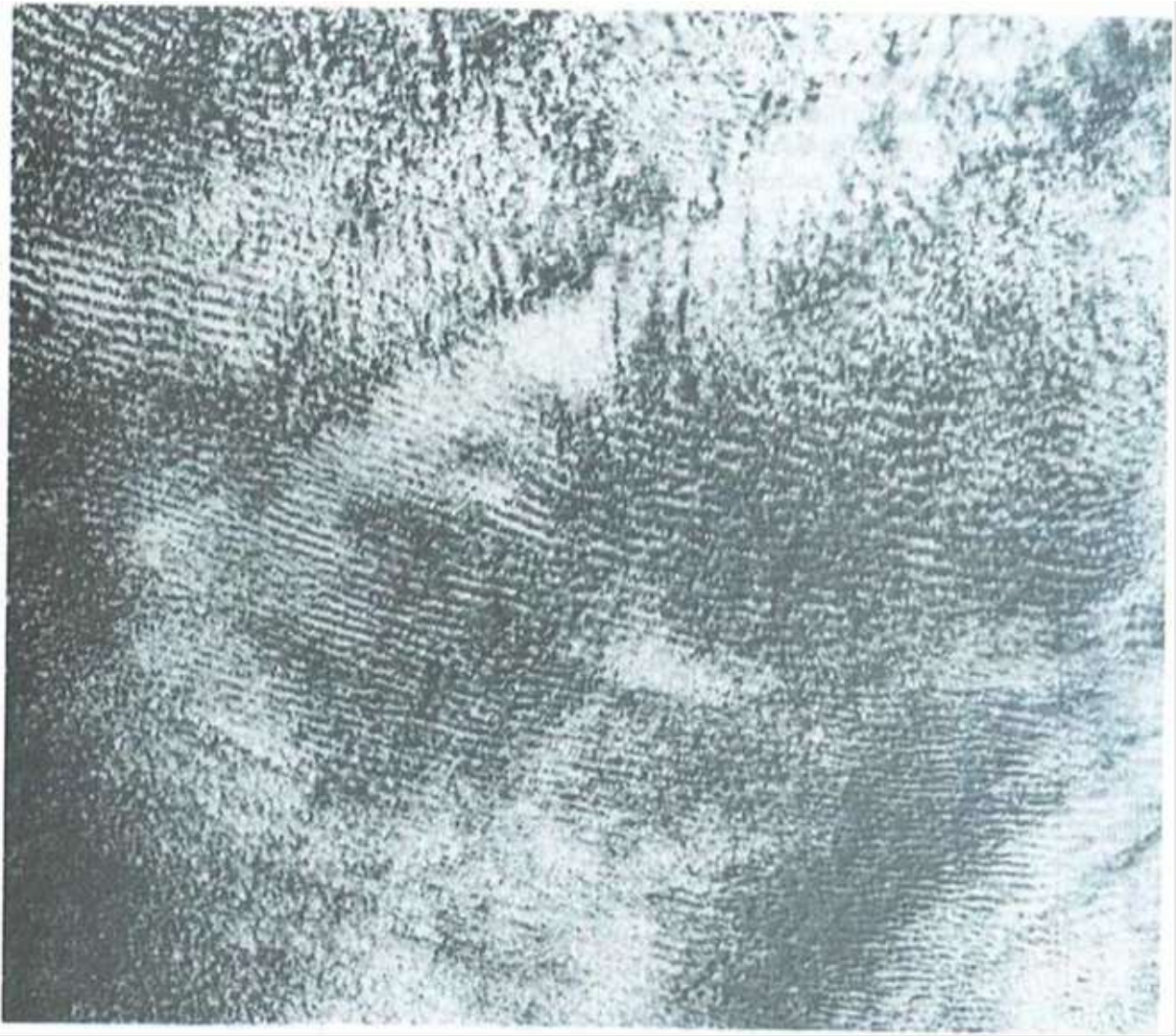


FIGURA 13. Nuvens cumulus em ruas térmicas fotografadas de um satélite por uma câmera de alta resolução. (Cortesia do Serviço Nacional de Satélites Ambientais.)

Muitos desses parâmetros determinam as previsões das sondagens aéreas superiores em um gráfico pseudo-adiabático. Se você se familiarizar com este gráfico, poderá entender melhor os significados de alguns desses parâmetros de previsão; e você pode tentar fazer um pouco de previsão por conta própria.

O gráfico pseudo-adiabático

O gráfico pseudo-adiabático é usado para calcular graficamente alterações adiabáticas no ar em movimento vertical e para determinar a sua estabilidade. Tem cinco conjuntos de linhas mostrados na figura 14. Essas linhas são:

1. Pressão em milibares (linhas horizontais)
2. Temperatura em graus Celsius (linhas verticais),
3. Adiabáticos secos (linhas pretas inclinadas),
4. Linhas de vapor d'água constante ou razão de mistura (linhas vermelhas sólidas), e
5. Adiabáticos úmidos (linhas vermelhas tracejadas).

O gráfico também tem uma escala de altitude em milhares de pés ao longo da margem direita e uma escala de temperatura Fahrenheit na parte inferior.

Você pode querer obter um desses gráficos de um escritório do Serviço Nacional de Meteorologia. O gráfico usado na prática atual tem uma grade muito mais fina do que a mostrada na figura 14. Você pode cobrir o gráfico com o acetato e verificar exemplos dados aqui junto com outros que você pode

úmidas, elas são omitidas dos exemplos. Se você se interessar em aprofundar o uso do gráfico, verá processos adiabáticos úmidos ainda mais intrigantes do que os processos secos.

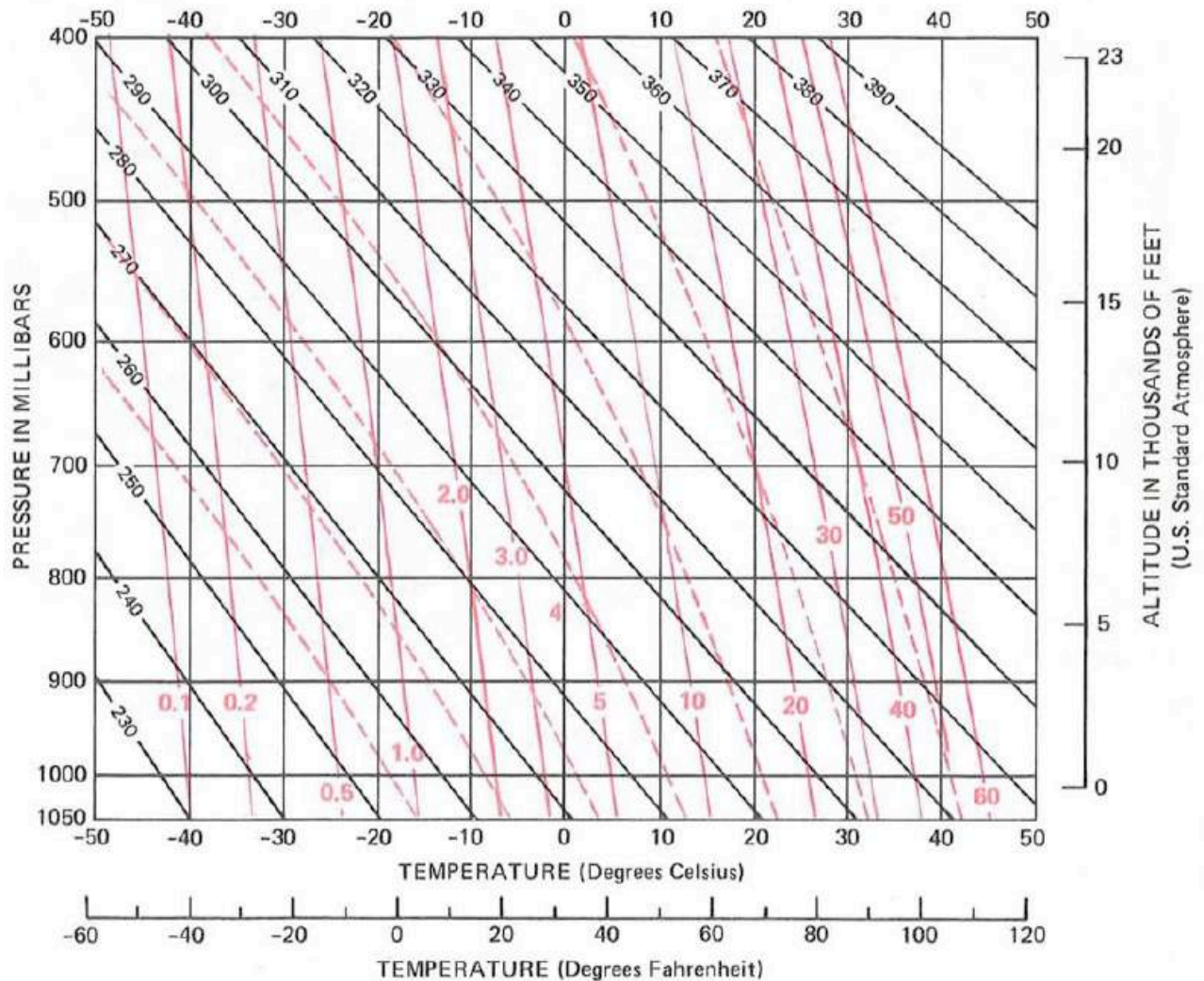


FIGURA 14. O gráfico pseudo-adiabático. Linhas horizontais são pressão; linhas verticais, temperatura; linhas inclinadas, adiabáticos secos representando graficamente a taxa de resfriamento adiabático seco. As linhas vermelhas sólidas têm uma taxa de mistura constante e as linhas vermelhas tracejadas são adiabáticas úmidas, representando graficamente a taxa saturada de arrefecimento. Como as linhas vermelhas se aplicam somente às mudanças adiabáticas úmidas, elas são omitidas dos exemplos subsequentes.

desenvolver sozinho. Esse procedimento pode melhorar bastante a sensação de processos ocorrendo em uma atmosfera em movimento vertical.

Exemplos mostrados aqui lidam com térmicas secas; e como as linhas vermelhas na figura 14 dizem respeito a mudanças adiabáticas

Plotando uma Sondagem

Uma observação aérea superior, ou sondagem, é plotada no gráfico pseudo-adiabático, como mostrado pela linha preta sólida na figura 15. Esta plotagem é o perfil de temperatura vertical no momento em que a observação de rádio sondagem foi realizada. É a taxa de lapso real ou existente.

Linhas azuis são adicionadas à ilustração mostrando as altitudes apropriadas para ajudá-lo a interpretar o gráfico.

outras palavras, na figura 15, a linha preta sólida representando a taxa de lapso existente plotada iria inclinar-se paralelamente ou inclinar-se mais do que os adiabáticos secos. Obviamente, isso não acontece. Portanto, no

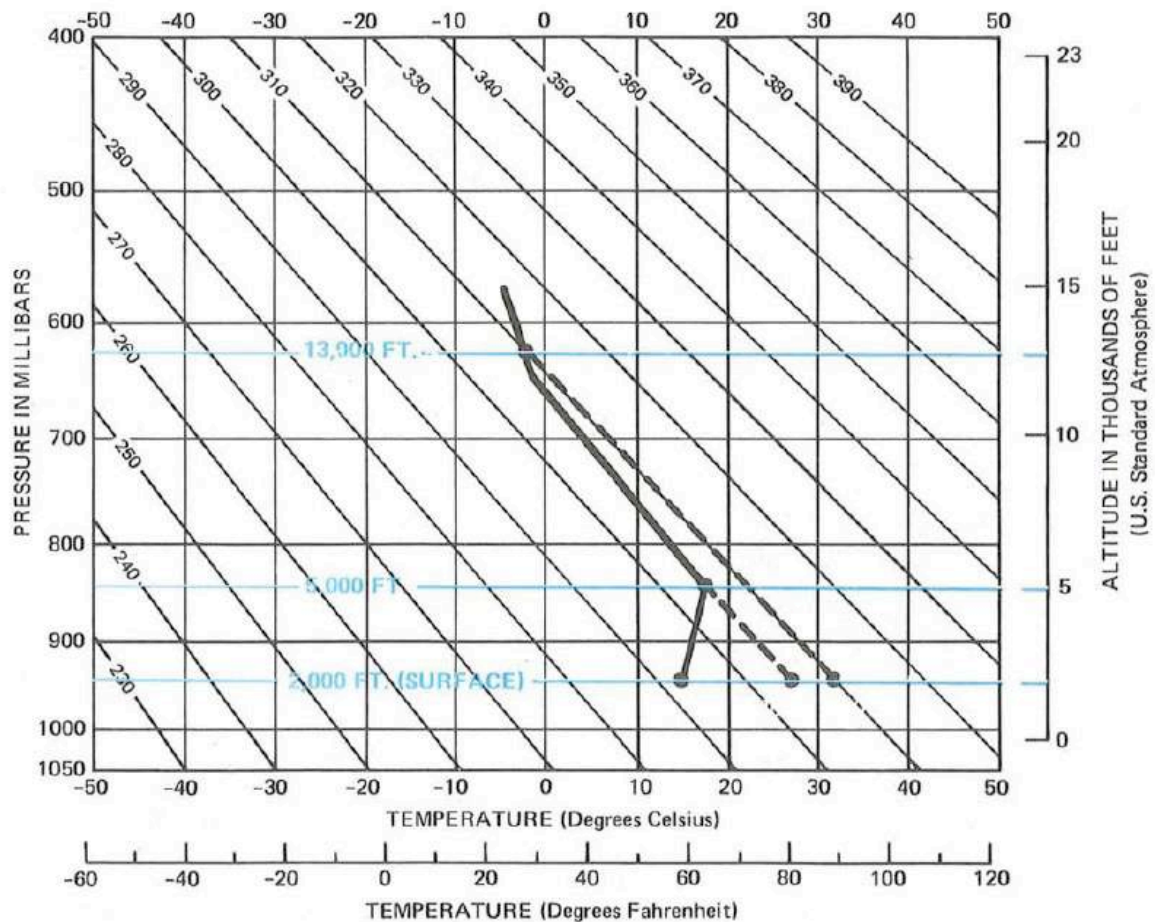


FIGURA 15 Uma observação do ar superior no início da manhã plotada no gráfico pseudo-adiabático. A linha preta sólida é o perfil de temperatura vertical ou a taxa de lapso existente da superfície para cerca de 15.000 pés ASL. As linhas de altitude azul são projetadas em todo o gráfico a partir da escala de altitude à direita para auxiliar na interpretação. Se as térmicas se desenvolverem, a taxa de lapso deve se tornar igual ou maior que a taxa adiabática seca de resfriamento - isto é, a linha que representa a taxa de lapso deve inclinar-se paralelamente ou inclinar-se mais do que os adiabáticos secos. Como isso não acontece, o ar no início da manhã era estável. No momento em que a temperatura da superfície atingiu 80° F, a convecção ocorreu a 5.000 pés; a taxa de lapso existente era então paralela à adiabática seca após a linha tracejada da superfície até 5.000 pés; o ar era instável nos níveis mais baixos. No momento em que a temperatura atingiu a máxima de 90° F à tarde, o ar estava instável a 13.000 pés; a taxa de lapso existente no calor do dia era adiabática seca e o ar instável a 13.000 pés ASL. Esta é a altura máxima que você poderia esperar térmicas neste dia em particular.

Profundidade da Camada Convectiva (Altura das Térmicas)

Sabemos que, para o ar ser instável, a taxa de lapso existente deve ser igual ou maior que a taxa de arrefecimento adiabático seco. Em

momento em que a sondagem foi tomada, o ar estava estável; não havia camada convectiva ou instável, e as térmicas eram inexistentes. O aumento térmico era impossível.

Agora suponha que a sondagem tenha sido feita na hora do nascer do sol. A temperatura da superfície era de 59° F (15° C). À medida que a temperatura aumenta perto da superfície durante o dia, o ar nos níveis mais baixos é aquecido e forçado para cima, resfriando à taxa adiabática seca. A convecção começa nos níveis mais baixos. Quando a temperatura da superfície atinge os 80° F (cerca de 27° C), a convecção eleva o ar até ao nível em que arrefece adiabaticamente à temperatura do ar circundante a 5.000 pés. A taxa de lapso existente agora torna-se adiabática da superfície até 5.000 pés e segue a linha tracejada da superfície até esse nível. A elevação da superfície é de 2.000 pés ASL; então a camada convectiva tem agora 3.000 pés de profundidade. Térmicas existem a 3.000 pés acima da superfície, e a subida de baixo nível é agora possível. Acima de 5.000 pés, a taxa de lapso ainda é essencialmente inalterada em relação à taxa de lapso inicial.

Altura Máxima das Térmicas

Suponhamos ainda que a previsão de temperatura máxima para o dia seja de 90° F (cerca de 30° C). Plote 90° F na elevação da superfície e desenhe uma linha (a linha preta tracejada) paralela aos adiabáticos secos até o nível em que ela cruza a sondagem da manhã. Este nível é de 13.000 pés ASL. A camada de contato no momento do aquecimento máximo teria 11.000 pés de profundidade e a subida deveria ser possível até 13.000 pés de ASL. A taxa de lapso existente no calor do dia seguiria a linha tracejada da superfície até 13.000 pés; acima de 13.000, a taxa de lapso permaneceria essencialmente inalterada.

Lembre-se de que estamos falando de térmicas secas. Se nuvens de convecção se formarem abaixo da altura térmica máxima indicada, elas distorcerão muito a imagem. No entanto, se as nuvens cumulus se desenvolverem, as térmicas abaixo da base da nuvem devem ser reforçadas. Se nuvens mais altas se desenvolverem mais do que o previsto, elas reduzirão o aquecimento da

superfície e, muito provavelmente, a temperatura máxima será mais fria do que a prevista. As térmicas serão mais fracas e não atingirão uma altitude tão grande.

Índice térmico (TI)

Como as térmicas dependem do ar frio que afunda e o ar quente que sobe, a força das térmicas depende da diferença de temperatura entre o ar que afunda e o ar que sobe - quanto maior a diferença de temperatura, mais fortes são as térmicas. Para chegar a uma aproximação dessa diferença, o previsor calcula um índice térmico (TI).

Um índice térmico pode ser calculado para qualquer nível; mas, normalmente, os índices são computados para os níveis de 850 e 700 milibares, ou cerca de 5.000 e 10.000 pés, respectivamente. Esses níveis são selecionados porque estão no domínio de altitude das ascendentes de rotina e porque os dados de temperatura são rotineiramente disponíveis para esses dois níveis.

São necessários três valores de temperatura - as temperaturas observadas de 850 milibares e 700 milibares e a temperatura máxima prevista. Vamos supor uma sondagem como na figura 16 com uma temperatura de 850 milibares de 15° C, uma temperatura de 700 milibares de 10° C e uma previsão máxima de 86° F (30° C). Plote as três temperaturas com cuidado para colocar o gráfico de temperatura máxima na elevação do campo (2.000 pés na figura 16). Agora desenhe uma linha (a linha tracejada preta) através da temperatura máxima paralela aos adiabáticos secos. Note que a linha tracejada cruza o nível de 850-milibares a 20° C e o nível de 700-milibares a 4° C. Subtraia algebricamente estas temperaturas das temperaturas de sondagem real nos níveis correspondentes. Observe que a diferença é de - 5° C a 850 milibares (15 - 20 = - 5) e + 6 a 700 milibares (10 - 4 = +6). Esses valores são os TI nos dois níveis.

A força das térmicas é proporcional à magnitude do valor negativo da TI. Uma TI de

-8 ou -10 prediz muito boa ascensão e um longo dia de subida. Térmicas com este valor alto e negativo serão fortes o suficiente para se manterem juntas mesmo em um dia de vento. Uma TI de -3 indica uma boa chance de que os planadores alcancem a altitude dessa diferença de temperatura. Uma TI de -2 a zero deixa muita dúvida; e um TI positivo oferece ainda menos esperança de que as térmicas alcancem a altitude. Lembre-se de que o TI é um valor de previsão. Uma falha na previsão do máximo de ou uma mudança na temperatura no ar pode alterar consideravelmente a imagem. O exemplo da figura 16 deve prometer térmicas bastante fortes acima de 5.000 pés, mas não térmicas para 10.000.

A Figura 16 é outro exemplo que mostra uma sondagem matinal com uma temperatura de superfície de 3.000 pés de 10° C (50° F), uma temperatura de 850 milibares de 15° C, uma temperatura de 700 milibares de 10° C e uma previsão máxima de 86° F (30° C). Quais são os TIs em 850 e 700 milibares? Você esperaria térmicas para 850 milibares?

Elas seriam moderadas, fortes ou fracas? Como seria a 700 milibares? Qual é a altitude máxima que você espera que as térmicas alcancem? Respostas: 850 milibares com TI - 5; 700 milibares com TI - 10; as térmicas atingiriam os dois níveis, fortes a 850, moderadas a 700; altitude máxima de térmicas, cerca de 16.000 pés ASL.

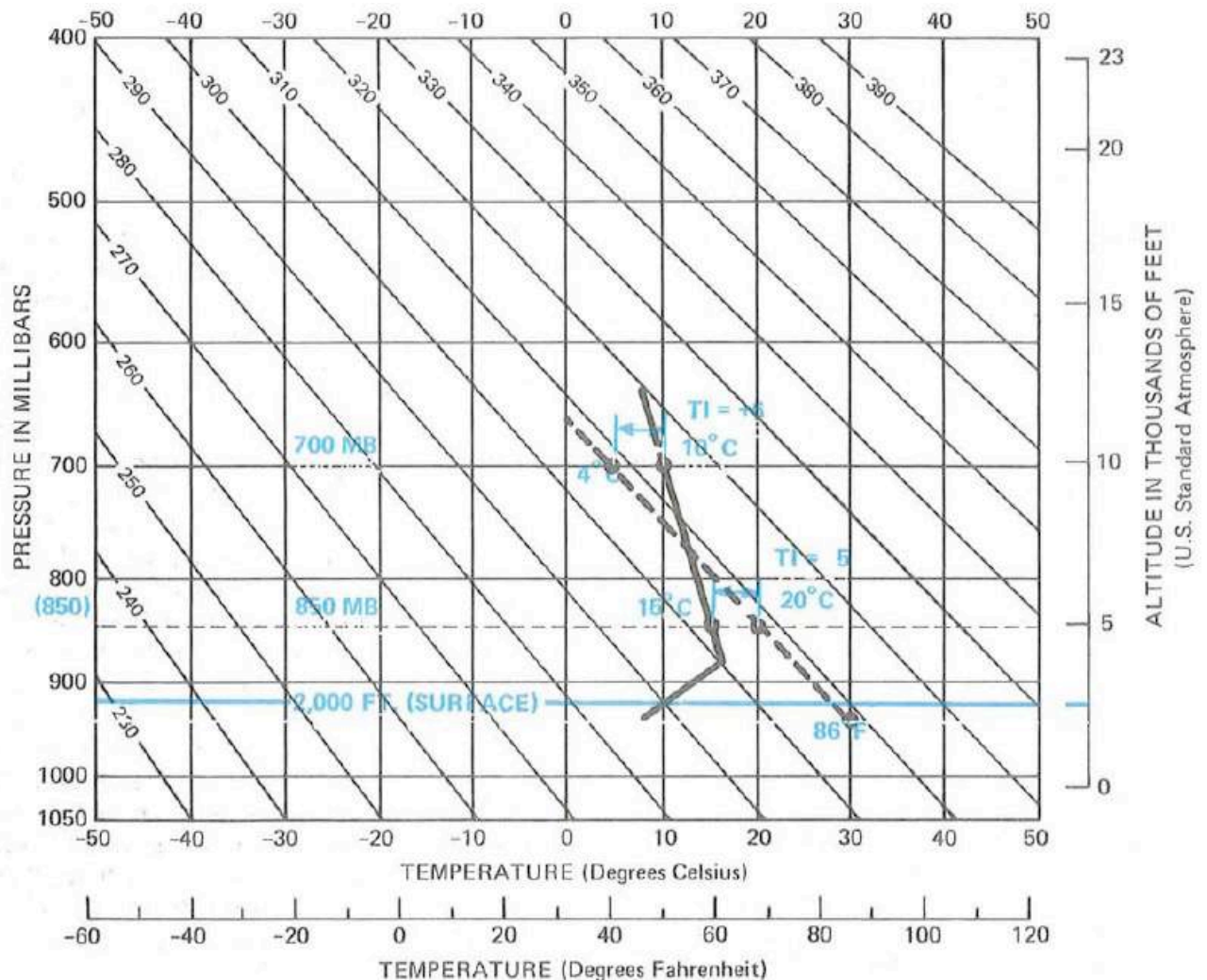


FIGURA 16. Computando o índice térmico (TI). A partir de uma observação de ar superior no início da manhã, obtenha as temperaturas de 850 milibares e 700 milibares - 15° C e 10° C, respectivamente, neste exemplo. Obtenha uma temperatura máxima prevista, 86° F, e trace-a na elevação da superfície. Desenhe um adiabático seco, a linha tracejada, para cima, no nível de 700 milibar. Este adiabático seco é o perfil de temperatura de uma coluna de ar ascendente. Para encontrar a TI em qualquer nível, subtraia a temperatura da coluna ascendente a esse nível da temperatura da sondagem original no mesmo nível. O TI em 850 milibares é -5 (15 - 20 = -5). Em 700 milibares, o TI é +6 (10 - 4 = +6).

Muitas vezes, o Serviço Nacional de Meteorologia não emitirá sondagem de ar superior perto do seu aeroclube. Os modelos anteriores devem ser baseados em uma sondagem simulada derivada de observações feitas a maiores distancias. Outras vezes, por algum motivo, uma previsão pode não estar disponível. Além disso, muitas vezes você pode melhorar a previsão com observações locais. Você nunca está completamente desinformado para aplicar algumas das técnicas descritas acima.

Faça Você Mesmo

O primeiro passo para determinar a altura e a força das térmicas é obter uma sondagem local. Como você consegue uma sondagem local? Envie sua aeronave de reboque no nascer do sol e simplesmente leia as temperaturas do ar externo do termômetro da aeronave e as altitudes do altímetro. Leia as temperaturas em intervalos de 500 pés

durante os primeiros 2.000 pés e em intervalos de 1.000 pés em altitudes maiores. A informação pode ser transmitida de volta ao solo, ou pode ser gravado em voo e analisado após o pouso. Ao usar o último método, leia as temperaturas na subida e na descida e calcule a média das temperaturas em cada nível. Este tipo de sondagem é uma observação de avião ou APOB. Plote a sondagem no gráfico pseudo-adiabático usando a escala de altitude em vez da escala de pressão.

Em seguida, precisamos de uma temperatura máxima prevista. Talvez você possa pegar essa temperatura de previsão a partir da previsão local. Caso contrário, você pode usar seu melhor julgamento comparando o tempo de hoje com o de ontem.

Segue-se um APOB, levado pela aeronave de reboque a partir de uma elevação do aeroporto de 1.000 pés ASL:

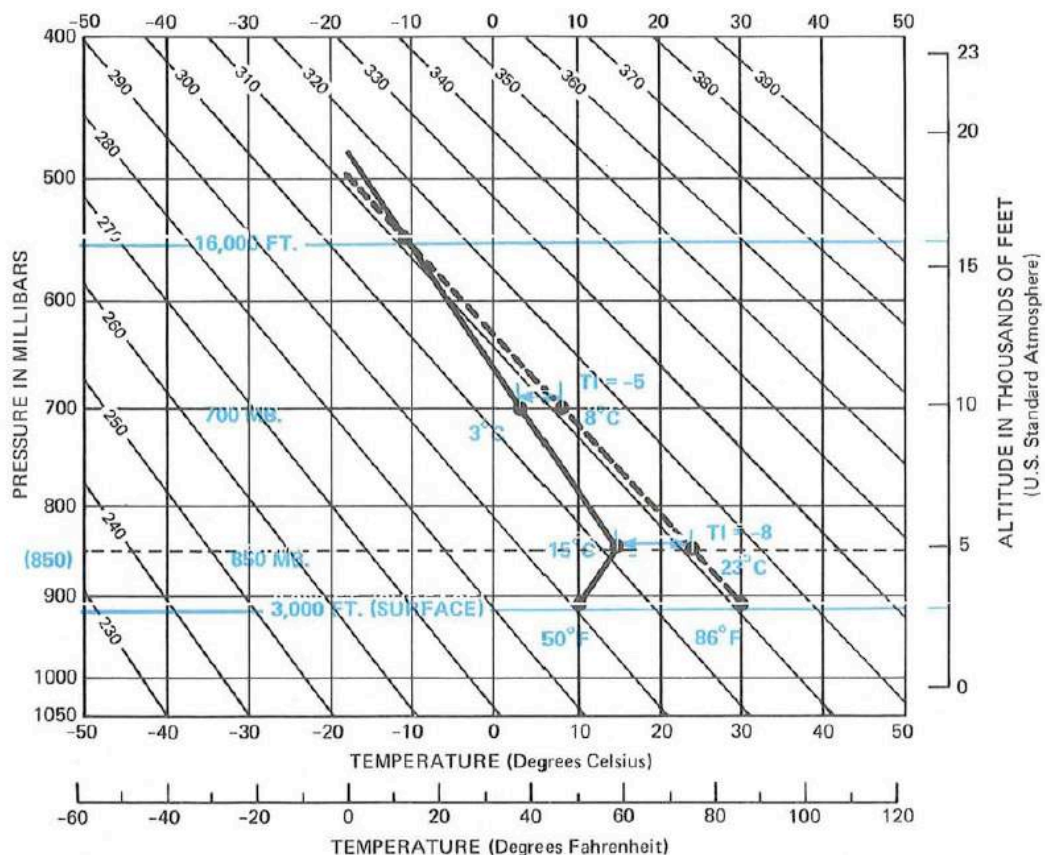


FIGURA 17. Outro exemplo de computação de TTs e altura máxima de térmicas. Veja a discussão na legenda da figura 16. Na altura do aquecimento máximo, a ascensão excelente deve estar disponível em níveis mais baixos e elevação moderada acima de 10.000 pés. Embora as térmicas devam continuar a 16.000 pés, você poderia esperar uma elevação fraca acima de 12.000 ou 13.000 pés, devido à pequena diferença entre as temperaturas no ar térmico e no ar circundante.

Alt.	Temperatures °C		
	Ascent	Descent	Avg.
1000	17	19	18
1500	15	17	16
2000	20	20	20
2500	22	24	23
3000	22	22	22
4000	20	18	19
5000	18	18	18
6000	16	14	15
7000	13	13	13
8000	9	9	9
9000	7	5	6
10000	5	3	4
11000	1	1	1
12000	-3	-1	-2
13000	-5	-5	-5
14000	-6	-6	-6
15000	-7	..	-7

Plote o APOB no gráfico pseudo-adiabático usando as temperaturas médias da última coluna. A Figura 18 mostra o APOB plotado.

Em seguida, precisamos de uma temperatura máxima prevista. Vamos supor que uma previsão local não esteja disponível e que o clima hoje seja essencialmente o mesmo de ontem. O máximo de ontem foi de 35° C (95° F), então vamos usar o mesmo máximo para hoje. Não devemos estar muito errados. Plote o máximo como mostrado e prossiga para calcular as TIs e a altura máxima das térmicas. Como nossos dados de temperatura são indicados para as altitudes indicadas, e não para os níveis de pressão, vamos computar TPs para 5.000 pés e 10.000 pés, em vez de níveis de pressão. O que você ganha para uma TI a 5.000 pés? A 10.000 pés? Qual é a altitude máxima prevista de térmicas? Respostas: TI a 5.000 pés, -4; TI em 10.000 pés, - 3; altitude máxima de térmicas, 14.000 pés.

Embora esses procedimentos sejam principalmente para térmicas secas, eles funcionam razoavelmente bem para térmicas abaixo das bases das nuvens convectivas.

Bases de Nuvens Convectivas

A experiência em térmicas sugere uma camada superficial e estável imediatamente abaixo do nível geral das bases de nuvens convectivas através das quais é difícil voar.

Essa camada tem de 200 a 600 pés de espessura e é conhecida como a camada sub-nuvem. A camada parece atuar como um filtro, permitindo que apenas os elementos mais fortes penetrem nela e formem nuvens convectivas. As térmicas mais fortes estão abaixo do desenvolvimento das nuvens cumulus.

As térmicas se intensificam dentro de uma nuvem convectiva; mas a evaporação esfria as bordas externas da nuvem causando uma corrente de ar imediatamente ao redor dela. Adicione a isso o fato de que as descendentes predominam entre nuvens cumulus, e você pode ver a pequena chance de encontrar sustentação entre nuvens acima do nível da base da nuvem. Em geral, o aumento térmico durante a atividade de nuvem convectiva é prático apenas em níveis abaixo da base da nuvem.

Como aprendemos a estimar a altura em milhares de pés de uma base de nuvem convectiva dividindo a temperatura da superfície - ponto de orvalho por 4. Se a coluna ascendente fosse independente - isto é, se nenhum ar fosse atraído para os lados da térmica o método daria uma altura razoavelmente precisa da base. No entanto, este não é o caso. O ar é arrastado para os lados da térmica; e esse ar aprisionado reduz o conteúdo de vapor de água da térmica, permitindo que ela atinja um nível um pouco mais alto antes que ocorra condensação. Bases das nuvens são geralmente 10 a 15 por cento superiores à altura calculada.

Arrastamento é um problema persistente; observadores e meteorologistas só podem estimar seu efeito. Até que uma técnica positiva seja desenvolvida, as alturas das bases do cumulus tendem a ser relatadas e a previsão tem uma taxa de acerto muito baixa. Atualmente, no leste dos Estados Unidos, as bases do cumulus raramente são relatadas acima de 6.000 pés quando a base pode, na verdade, ser de 7.000 ou 8.000 pés. Na parte ocidental do país, as bases do cumulus foram

observadas por aeronaves de 12.000 a 14.000 pés acima do solo, mas raramente são relatadas acima de 10.000 pés.

No centro e no leste dos Estados Unidos, o clima mais favorável para navegação ocorre por trás de uma frente fria.

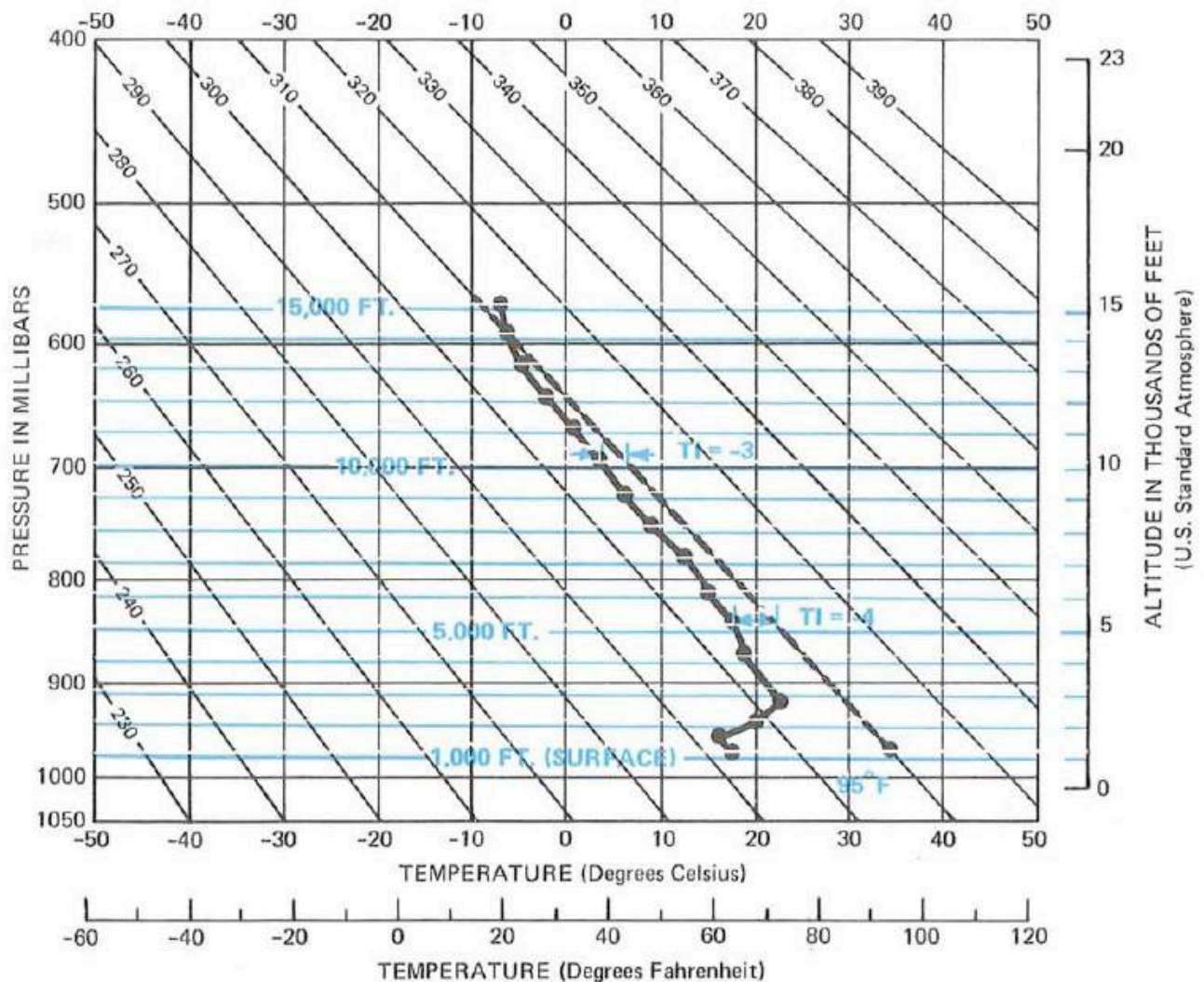


FIGURA 18. Uma observação aérea superior feita de uma aeronave chamada observação de avião ou APOB. A altura máxima das térmicas e do arco de TI é calculada da mesma forma que nos exemplos anteriores, exceto que os TIs são para altitudes indicadas em vez de níveis de pressão. O APOB pode ser usado no lugar ou como um complemento da previsão.

SUPORTE TÉRMICO PARA NAVEGAÇÃO

Um piloto pode fazer um voo de navegação usando térmicas isoladas ou ruas térmicas. Ao usar térmicas isoladas, ele ganha altitude circulando em térmicas e depois segue para a próxima térmica na direção geral da sua navegação. Debaxo de uma rua térmica, ele pode ser capaz de prosseguir com pouca ou nenhuma circulação se o seu curso escolhido for paralelo às ruas térmicas. Desnecessário será dizer que ele pode obter a maior distância voando na direção do vento.

Lindsay descobriu que cerca de 82% dos cruzamentos térmicos nessas áreas foram feitos após uma frente fria ter passado e à frente do centro de alta pressão. Quatro fatores contribuem para tornar esse padrão ideal. (1) O ar polar frio é geralmente seco e as térmicas podem ser construídas a altitudes relativamente altas. (2) O ar polar é mais frio que o solo; e assim, o solo quente ajuda a radiação solar a aquecer o ar. As térmicas começam mais cedo de manhã e duram mais tarde à noite. Em algumas ocasiões, térmicas foram encontradas à noite. (3)

Frequentemente, o ar mais frio em altas altitudes move-se sobre o frio de baixa intensidade, intensificando a instabilidade e fortalecendo as térmicas. (4) O perfil do vento frequentemente favorece as ruas térmicas - um benefício real para a velocidade e a distância.

Os mesmos quatro fatores podem ocorrer com passagens frontais frias sobre regiões montanhosas no oeste dos Estados Unidos. No entanto, montanhas escarpadas quebram a circulação; e as condições homogêneas se estendem por áreas menores do que as partes do leste do país. As regiões montanhosas ocidentais e particularmente o sudoeste do deserto tem uma vantagem decisiva. O ar é predominantemente seco, com atividade térmica diurna mais abundante, favorecendo a navegação, embora possa ser a distâncias mais curtas.

Entre os locais mais favoráveis do mundo para o voo de longa distância está um corredor de altas planícies ao longo da encosta leste das Montanhas Rochosas que se estende do sudoeste do Texas ao Canadá. Muitos registros de record foram estabelecidos neste corredor. O sudoeste do Texas é o local escolhido por muitos encontros nacionais e internacionais. O terreno no corredor é relativamente plano e alto, com poucas árvores; superfície do terreno varia de estéril a grama curta. Essas características superficiais favorecem a atividade térmica forte. O vento predominante é sul e moderadamente forte, dando um impulso adicional aos cruzamentos do norte.

ASCENDENDO NUMA FRONTAL

O ar quente forçado para cima sobre o ar frio acima de uma superfície frontal pode fornecer sustentação para a subida. No entanto, um bom levantamento frontal é transitório e é responsável por uma porção muito pequena de voo sem motor. Raramente você encontrará um paralelo diante de sua rota de navegação desejada e raramente permanecerá na posição por tempo suficiente

para completar um voo. Uma frente em movimento lento fornece apenas elevação fraca. Uma frente em movimento rápido muitas vezes assola o piloto com nebulosidade e turbulência.

Uma frente pode, ocasionalmente, fornecer excelente elevação por um curto período. Você pode, em uma navegação, ter de abandonar ondas ou ascendentes de cume e precisar mover-se sobre uma área plana para aproveitar as térmicas. Uma frente pode oferecer ascensão durante a transição.

As frentes geralmente são marcadas por uma mudança no tipo ou valor da nuvem. No entanto, a própria presença de nuvens pode impedi-lo de seguir. Detectar uma frente seca é difícil. Sabendo que uma frente está na vizinhança e estudando a reação da sua aeronave pode dizer quando você está na ascensão frontal. Ficar na ascendente é outro problema. Observar os indicadores do vento de superfície ajuda.

Uma frente que se aproxima pode melhorar a subida térmica ou em colinas. Uma frente ou uma passagem frontal que se aproximam provavelmente irá atrapalhar a brisa do mar ou a onda da montanha.

ASCENDENDO COM A BRISA DO MAR

Em muitas áreas costeiras durante as estações quentes, uma brisa agradável do mar ocorre quase diariamente. Causada pelo aquecimento da terra nos dias quentes e ensolarados, a brisa do mar geralmente começa durante a manhã, atinge o máximo durante a tarde e desaparece ao entardecer depois que a terra esfria. O bordo de ataque da brisa fresca do mar força o ar mais quente do interior a subir, como mostra a figura 19. O ar ascendente sobre a terra retorna para o mar a uma maior altitude para completar a célula convectiva.

Um piloto de planador que opera em ou perto de áreas costeiras pode frequentemente encontrar a ascendente gerada por essa circulação convectiva. A zona de transição

entre o ar frio e úmido do mar e o ar quente e seco do interior é geralmente estreita e é um tipo superficial e efêmero de frente pseudo-fria.

FRENTE DA BRISA DO MAR

Às vezes, a cunha de ar frio é chamada de brisa marítima. Se umidade suficiente estiver presente, uma linha de nuvens cumuliformes pode marcar a frente no interior. Seja marcado por nuvens ou não, o ar ascendente que se move na frente da brisa do mar ocasionalmente é forte o suficiente para suportar o voo de planador. Dentro da brisa do mar, isto é, entre a frente da brisa marítima e o oceano, o ar é usualmente estável e, normalmente, não se espera ascendente nos níveis mais baixos. No entanto, uma vez no ar, os pilotos encontraram uma ascensão nos níveis mais altos no fluxo de retorno. Uma indicação visual dessa ascendente é o cumulus que se estende para o mar a partir da frente da brisa marítima.

As propriedades da frente de uma brisa marinha e a extensão de sua penetração no interior dependem de fatores como a diferença na temperatura da água do mar e da terra, o fluxo geral do vento, a umidade e o terreno.

Terra vs temperatura da água do mar

Uma grande diferença na temperatura da terra e da água do mar intensifica a célula

convectiva gerando uma brisa marítima. Onde as águas costeiras são bastante frescas, como ao longo da costa da Califórnia, e as temperaturas da terra aquecem rapidamente durante o dia, a brisa do mar torna-se pronunciada, penetrando talvez de 50 a 75 milhas no interior, às vezes. O sol abundante e as águas frescas do mar favorecem uma brisa marítima bem desenvolvida.

Força e Direção Geral do Vento

A brisa do mar é um efeito local. Fortes gradientes de pressão com um sistema de pressão bem desenvolvido podem dominar o efeito da brisa do mar. Os ventos seguirão a direção e a velocidade ditadas pelo forte gradiente de pressão. Portanto, a frente da brisa do mar é mais provável quando o gradiente de pressão é fraco e o vento é leve.

Umidade

Quando a convecção é muito profunda, o efeito frontal da brisa marinha pode, às vezes, disparar nuvens cumulus, desde que o ar suspenso sobre a terra contenha umidade suficiente. Mais frequentemente, os cumulus são de extensão vertical limitada. Sobre a vegetação, onde o ar é geralmente úmido, o cumulus da brisa do mar é a regra. Em regiões áridas, pouco ou nenhum desenvolvimento do cumulus pode ser antecipado com uma brisa marítima.

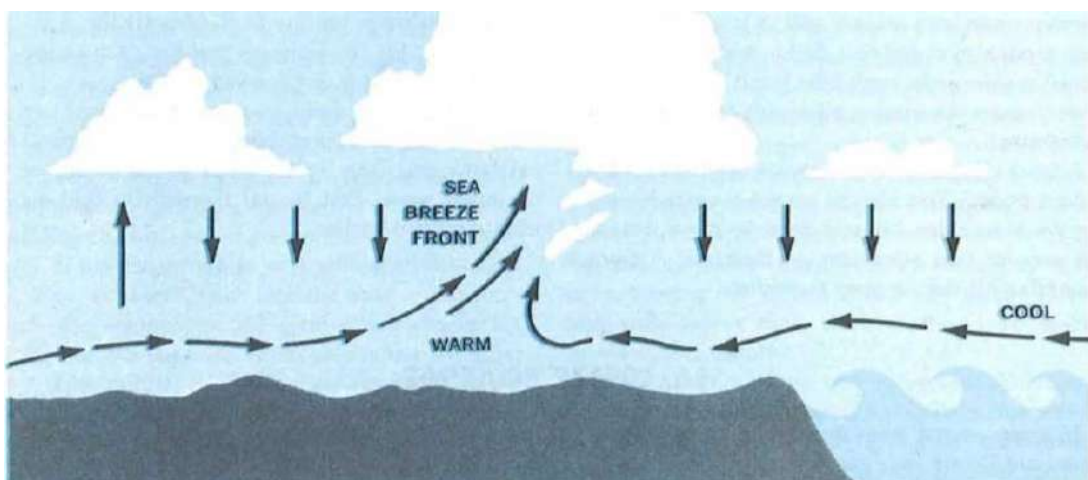


FIGURA 19 Corte esquemático através de uma frente de brisa marítima. Se o ar interior estiver úmido, o cumulus geralmente marca a frente.

Terreno

Terrenos irregulares ou rugosos em uma área costeira podem amplificar a frente da brisa marítima e causar linhas de convergência de brisas marítimas originadas de diferentes áreas. O sul da Califórnia e partes das ilhas havaianas são favoráveis à brisa marítima, porque a elevação orográfica é acrescentada à convecção frontal. A brisa do mar ocasionalmente pode se estender até os lados de colinas e montanhas a sotavento, a menos que os cumes sejam altos e longos, sem quebras abruptas. Em ambos os casos, a frente da brisa marítima converge nas encostas de barlavento, e os ventos ascendentes aumentam a convecção. Onde o terreno é razoavelmente plano, a brisa marinha pode penetrar no interior por distâncias surpreendentes, mas com a elevação mais fraca ao longo da brisa marítima. Nos trópicos, as brisas do mar às vezes penetram até 150 milhas para o interior, enquanto uma média de cerca de 50 milhas para o interior é mais comum nas latitudes médias. A brisa do mar atingindo velocidades de 15 a 25 nós não é incomum.

DICAS VISUAIS

Quando uma frente de brisa marítima se desenvolve, observações visuais podem fornecer pistas sobre a extensão da ascendente que você pode antecipar, a saber:

1. Espere pouca ou nenhuma ascendente no lado marítimo da frente, quando o ar marítimo está marcadamente vazio de nuvens convectivas ou quando a brisa do mar espalha stratus baixos no interior do país. No entanto, alguma ascensão pode estar presente ao longo da borda da brisa do mar ou logo à frente.
2. Espere pouca ou nenhuma ascendente no lado para o mar da frente quando a visibilidade diminui marcadamente no ar da brisa do mar. Este é um indicador de ar estável na brisa do mar.

3. Uma indicação visual favorável de ascensão ao longo da brisa marítima é uma linha de nuvens cumulus que marcam a frente; O cúmulo entre a frente da brisa marítima e o oceano também indica uma possível ascensão na brisa do mar, especialmente em níveis mais altos. Bases de cumulus no ar úmido do mar são frequentemente mais baixas do que na frente.

4. Quando a frente de uma brisa marítima estiver vazia de cúmulos, mas correntes convergentes de poeira ou fumaça forem observadas, espere a convecção e ascendente ao longo da frente da brisa marítima.

5. Provavelmente, a melhor combinação a ser avistada é a acumulação de poeira convergente ou de fumaça ao longo da brisa marítima à medida que ela se move em direção a colinas ou montanhas. O movimento ascendente é amplificado pelos ventos.

6. A diferença de visibilidade entre o ar marítimo e o ar interior é, frequentemente, um indício visual da ponta da brisa marítima. A visibilidade no ar marítimo pode ser restringida pela neblina, enquanto a visibilidade no interior é irrestrita. Por outro lado, o ar do mar pode ser bastante claro, enquanto a visibilidade no interior é restrita por poeira ou fumaça.

EXPLORAÇÕES DA BRIZA DO MAR LOCAL

Infelizmente, nem sempre é fácil encontrar uma frente de brisa marítima, e é provável que muitas oportunidades para a ascensão da brisa do mar passem despercebidas. Até agora, pouca experiência foi acumulada na localização de um cinturão de elevação da brisa marinha sem pistas visuais, como nuvens, neblina ou fumaça convergente ou poeira. À medida que o voo a vela cresce, aumenta também o conhecimento da brisa do mar e as peculiaridades de mais áreas locais vêm à luz. Nos Estados Unidos, a área onde a maior experiência provavelmente foi adquirida é sobre o alto deserto de Califórnia, no Sul, onde a brisa do mar se move para leste

sobre a planície costeira de Los Angeles, no deserto de Mojave.

separando ar fumacento para o norte do ar relativamente claro para o sul. Altitudes

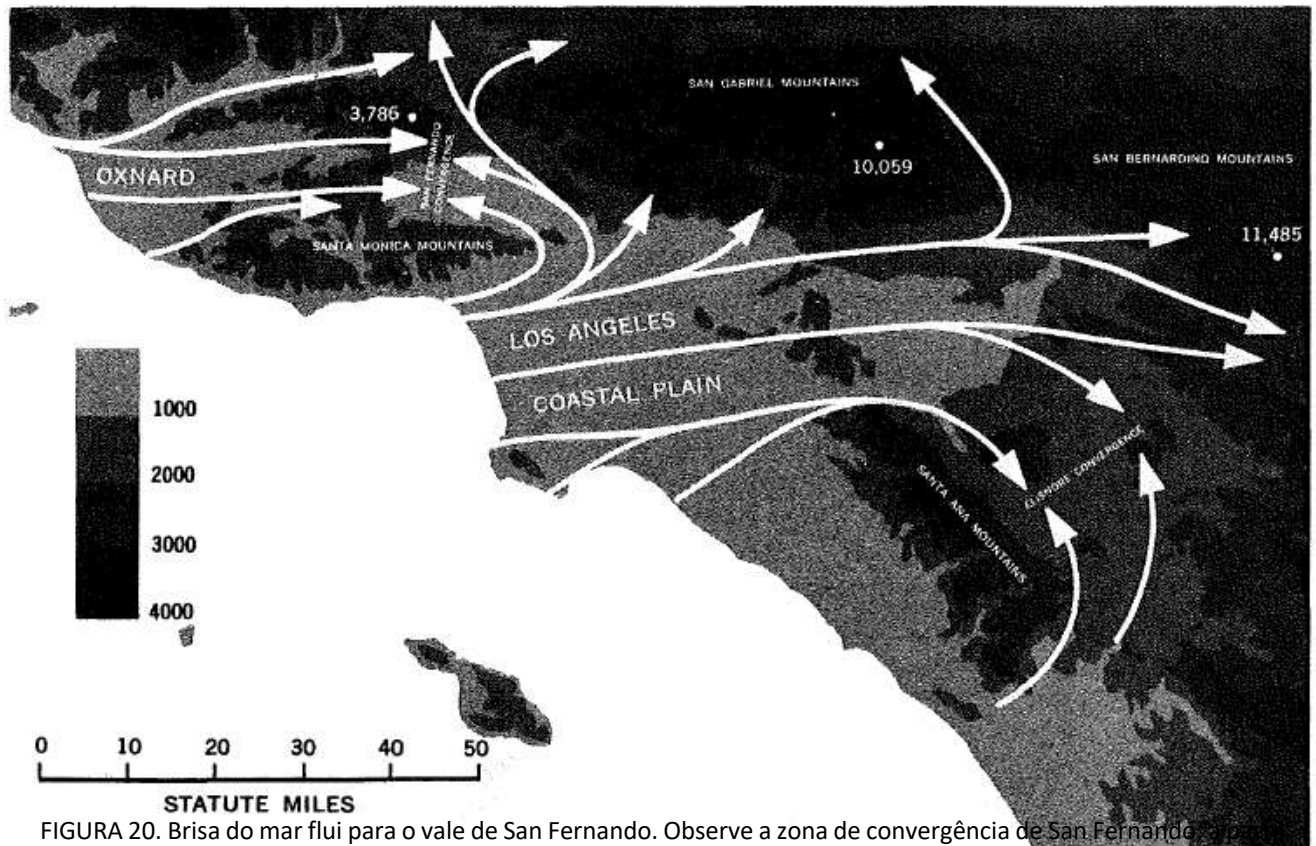


FIGURA 20. Brisa do mar flui para o vale de San Fernando. Observe a zona de convergência de San Fernando, no canto superior esquerda e a zona de convergência de Elsinore, no canto inferior direito

Los Angeles "Frente de Fumaça"

A frente da brisa marítima que se deslocou da planície costeira de Los Angeles para o Deserto de Mojave foi apelidada de "Frente de Fumaça". Possui intensa atividade térmica e oferece excelente ascensão ao longo da borda frontal. Associado à brisa marítima que se desloca para o interior sobre a planície costeira de Los Angeles, encontram-se duas importantes zonas de convergência, mostradas na figura 20. As brisas marítimas de diferentes origens encontram-se nas zonas de convergência produzindo correntes verticais capazes de suportar planadores. Uma linha de convergência é a "Zona de Convergência de San Fernando"; uma zona de maior escala está na área de Elsinore, também mostrada na figura 20. Esta zona de convergência aparentemente gera fortes correntes verticais, já que os pilotos em voo voam para frente e para trás ao longo da linha do vale

atingidas dependem da estabilidade, mas normalmente caem dentro da faixa ASL de 6.000 a 12.000 pés para o tipo usual de ascensão térmica a seco. Em direção ao mar, pouca ou nenhuma ascensão é experimentada na brisa marítima, marcada por pouca visibilidade.

Península de Cape Cod

A figura 21 mostra o ar convergente entre a brisa marinha que flui para o interior a partir de costas opostas da Península de Cape Cod. Mais tarde, no desenvolvimento da brisa marítima convergente, o início da convecção é indicado pelo cumulus sobre a península. Pilotos de aviões voando sobre esta área, assim como sobre Long Island, em Nova York, encontraram uma boa ascensão nas linhas de convergência causadas pela brisa do mar soprando para o interior a partir de ambas as costas das estreitas faixas de terra.

Área dos Grandes Lagos

Frentes de brisa marítima foram observadas ao longo das linhas costeiras dos Grandes Lagos. Os satélites meteorológicos também fotografaram o efeito da brisa do mar na costa oeste do Lago Michigan. É bastante provável que as condições favoráveis para ascensão ocorra de tempos em tempos.

VENTO

Para criar elevação sobre colinas ou cordilheiras, a direção do vento deve estar dentro de 30 a 40 graus normal à linha da crista. Uma velocidade sustentada de 15 nós ou mais geralmente gera sustentação suficiente para suportar um planador. A altura da ascendente geralmente é duas ou três vezes a altura da elevação do chão do vale

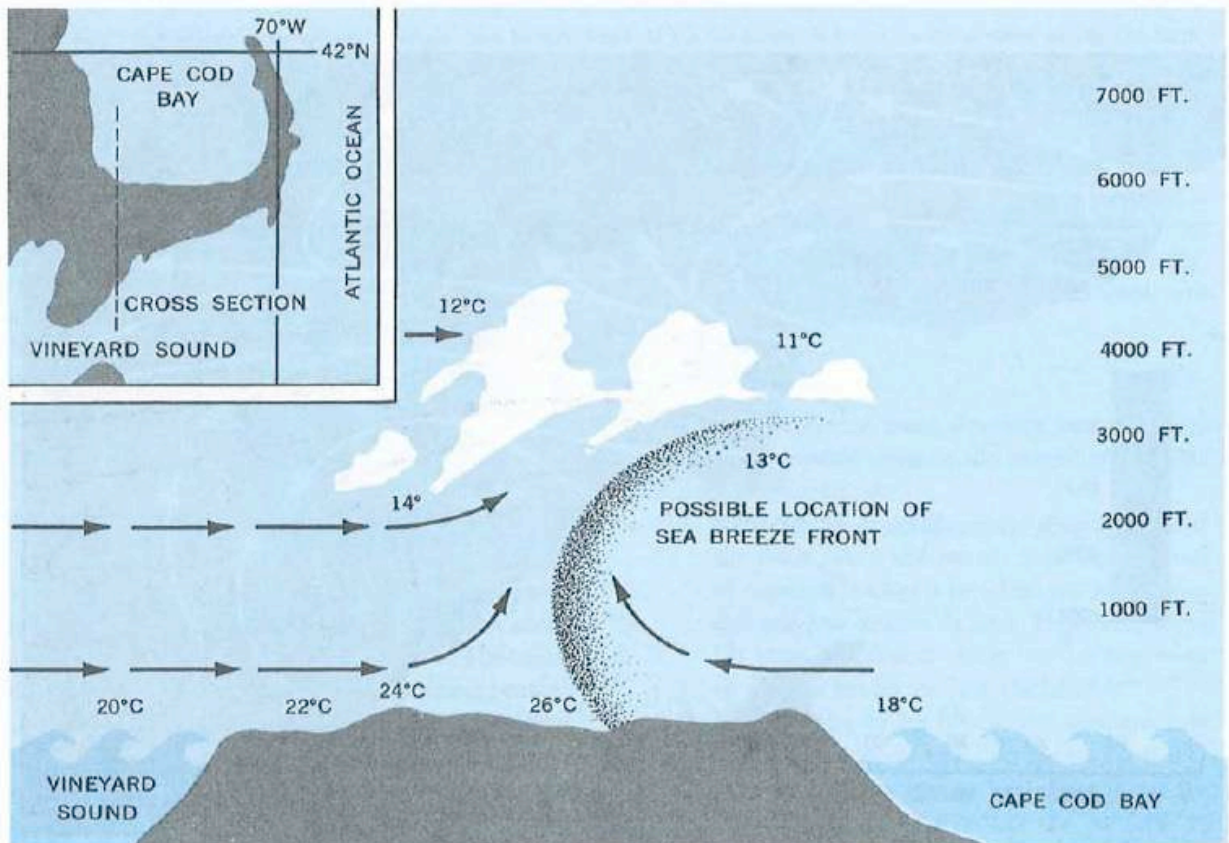


FIGURA 21. Zona de convergência da brisa marinha, Cape Cod, Massachusetts. Brisa do mar de costas opostas convergem sobre o cabo.

ASCENSÃO EM COLINAS E CORDILHEIRAS

O vento soprando em direção a colinas ou cordilheiras flui para cima, por cima e ao redor das subidas abruptas do terreno. O ar ascendente cria uma ascensão que às vezes é excelente para a subida. A Figura 22 é uma área de exibição esquemática de melhor sustentação. A subida em rochedos ou montanhas oferece um ótimo esporte ao piloto de planador que aceita o desafio e pode esperar por combinações adequadas de vento e estabilidade.

até a crista do cume. Ventos fortes tendem a aumentar a turbulência e redemoinhos de baixo nível sem um aumento apreciável na altura da ascendente.

ESTABILIDADE

A estabilidade afeta a continuidade e a extensão da ascensão sobre colinas ou cordilheiras. O ar estável permite fluxo relativamente simplificado de orográfica. Um piloto experimenta pouca ou nenhuma turbulência na área uniforme e estável de

melhor ascendente mostrada na figura 168. Como o ar estável tende a retornar ao seu nível original, o ar que transborda sobre a crista e o declive é transformado em um emaranhado de redemoinhos de sotavento, também mostrado na figura 22. Assim, o ar estável favorece a elevação suave, mas provoca turbulência de baixa altitude no sotavento.

Quando a corrente de ar é úmida e instável, a ascendente pode liberar a instabilidade, gerando fortes correntes convectivas e nuvens cumulus sobre encostas de barlavento e cristas de morro. O fluxo inicialmente laminar é dividido em células convectivas. Enquanto as correntes ascendentes produzem uma boa ascensão, as descendentes fortes podem comprometer o voo de baixa altitude em terrenos acidentados. Como nas térmicas, a ascensão será transitória, em vez de suave e uniforme.

subida é uma inclinação suave e moderada. Uma inclinação ideal é de cerca de 1 a 4, com um vento de 15 nós, que cria uma elevação de cerca de 6 pés por segundo. Com a mesma inclinação, um planador de alto desempenho com uma velocidade de afundamento de 2 pés por segundo, presumivelmente, poderia permanecer no ar com apenas um vento de 5 nós!

Encostas muito íngremes ou encostas escarpadas provocam redemoinhos turbulentos. Ventos fortes estendem esses redemoinhos a uma altura considerável, geralmente interrompendo qualquer potencial de elevação. Os redemoinhos turbulentos também aumentam a possibilidade de uma perturbação de baixa altitude.

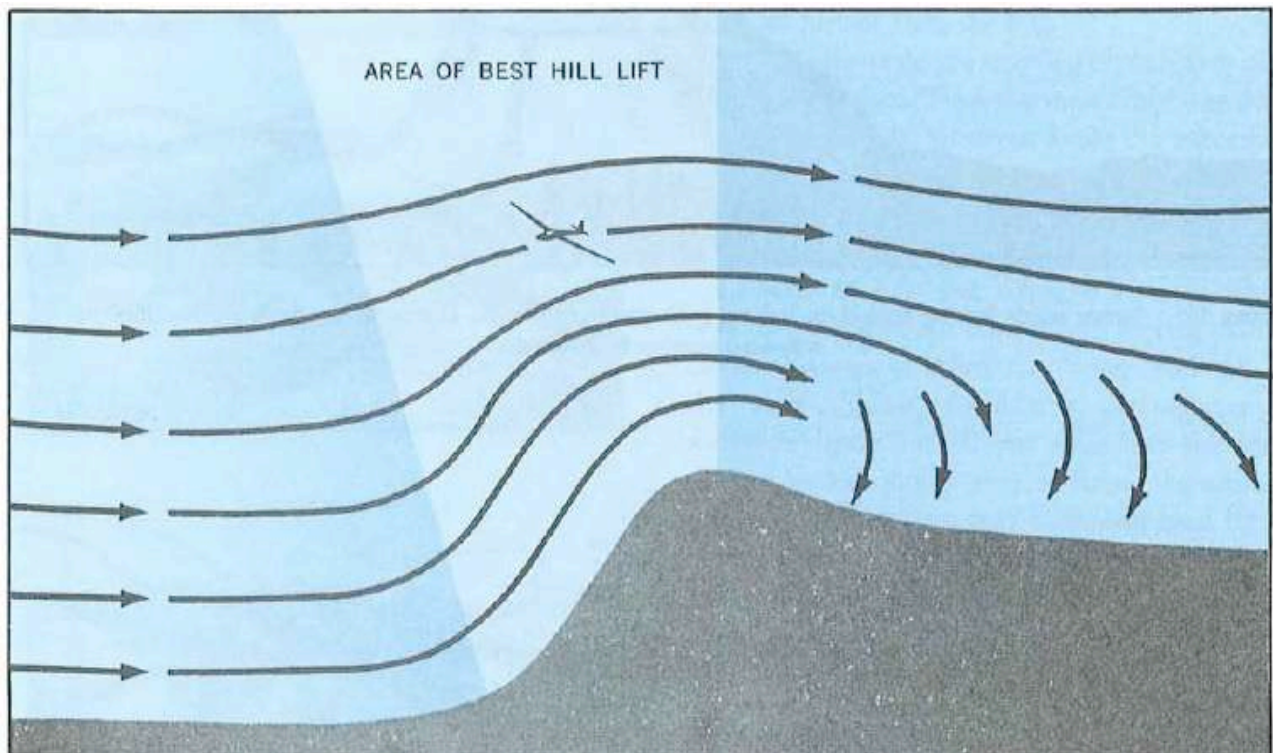


FIGURA 22. Seção transversal esquemática do fluxo de ar sobre uma crista. Observe a área da melhor ascensão. Descendentes predominam a sotavento

ENCOSTAS ÍNGREMES

Encostas muito suaves fornecem pouca ou nenhuma sustentação. Mais favorável para a

CONTINUIDADE DOS CUMES

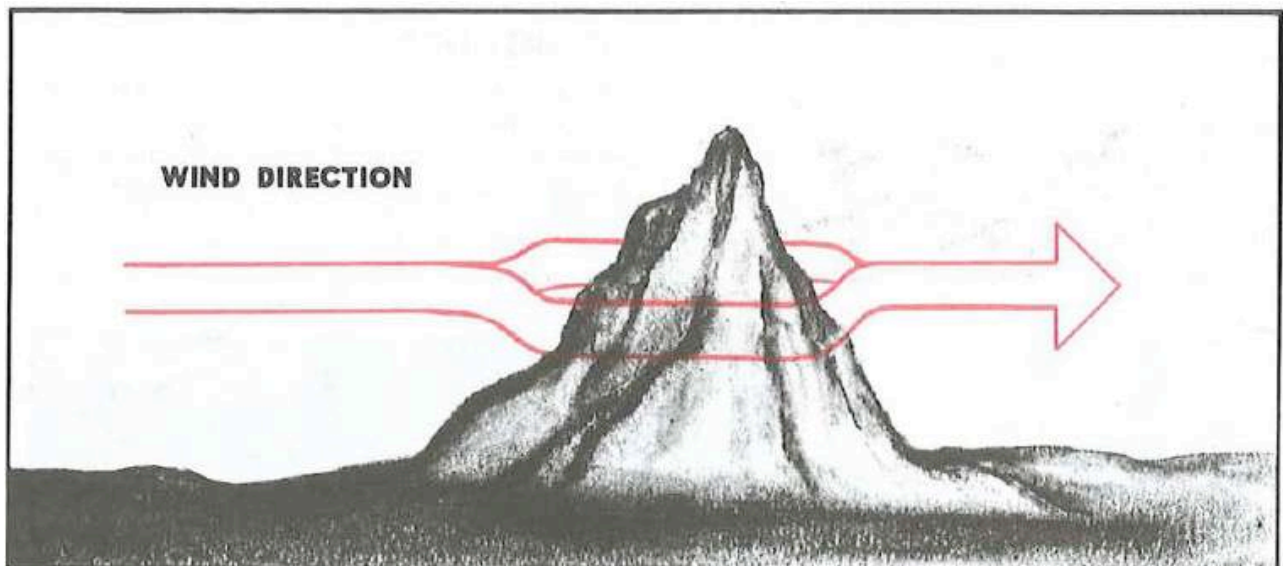


FIGURA 23. Ventos fortes fluindo ao redor de um pico isolado produzem pouca sustentação. Durante ventos fracos, as encostas ensolaradas podem ser um local preferido para térmicas.

Os cumes que se estendem por vários quilômetros sem quebras bruscas tendem a fornecer sustentação uniforme no seu comprimento. Em contraste, um único pico desvia o fluxo do vento ao redor do mesmo, assim como sobre ele e, portanto, é menos favorável para a subida. A figura 23 mostra o fluxo do vento em torno de um pico isolado.

Alguns padrões de fluxo de vento sobre cumes e colinas são ilustrados na figura 24. Os desvios desses padrões dependem da direção e velocidade do vento, da estabilidade, do perfil da inclinação e da rugosidade geral do terreno.

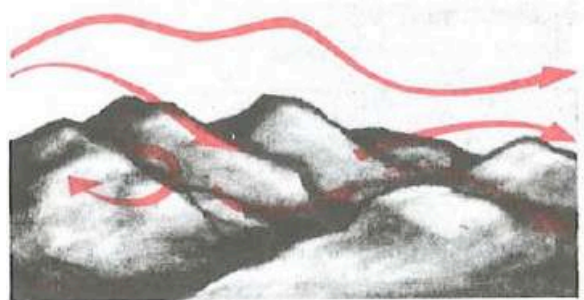


FIGURA 24. Fluxo de vento sobre vários tipos de terreno. Os muitos desvios desses padrões dependem da velocidade do vento, do perfil da inclinação e da rugosidade do terreno

ASCENDENDO NA ENCOSTA

O piloto de planador, sempre alerta, deve permanecer especialmente na busca ou na ascensão promovida por montanhas. Você pode ser capaz de identificar indicadores de boa ascensão. Outras pistas podem marcar áreas a serem evitadas.

Quando o ar é instável, não se aventure muito perto da encosta. Você pode identificar o ar instável pelas correntes ascendentes e descendentes em térmicas secas ou pelo cumulus construído sobre colinas ou cordilheiras. Aproximar-se a uma altitude muito baixa pode, de repente, colocá-lo em uma corrente descendente, forçando um pouso inadvertido.

Quando os ventos são fortes, a fricção da superfície pode criar redemoinhos de baixo nível mesmo em encostas relativamente lisas. Além disso, o atrito pode reduzir drasticamente a velocidade efetiva do vento perto da superfície. Ao voar a baixa altitude em direção a uma encosta nestas condições, esteja preparado para curvar rapidamente em direção ao vale, caso perca a ascendente. Renove sua tentativa de subir mais longe da colina.

Se os ventos são fracos, você pode encontrar apenas a ascendente muito perto da superfície inclinada. Então você deve "abraçar" a inclinação para encontrar a ascendente necessária. No entanto, evite este procedimento se houver indicações de ascendentes e descendentes. Em geral, para qualquer declive, mantenha sua distância da inclinação proporcional à velocidade do vento.

Sotavento de colinas e cordilheiras é uma área onde o vento é bloqueado pela obstrução. Entre círculos ascendentes, essa área é chamada de "sombra do vento". Na sombra do vento predominam as correntes descendentes, como mostrado na figura 22. Se você se perder na sombra do vento a uma altitude próxima ou abaixo da altura da crista,

pode ser necessário fazer um pouso não programado e possivelmente irregular. Tente ficar dentro da área de melhor sustentação mostrada na figura 22.

ASCENSÃO EM ONDA DE MONTANHA

A grande atração de planar nas ondas das montanhas decorre da ascensão contínua a grandes alturas. Voos ascendentes para mais de 35.000 pés têm sido frequentemente feitos em ondas de montanha. Uma vez que um piloto atingiu o ar ascendente de uma onda de montanha, ele tem toda a perspectiva de manter o voo por várias horas. Enquanto a subida das ondas das montanhas está relacionada com a elevação das montanhas ou das colinas, a subida em uma onda de montanha é maior e é menos transitória do que a ascendente em relação a subidas menores no terreno. A Figura 25 é uma seção transversal de uma típica onda de montanha.

FORMAÇÃO

Quando ventos fortes sopram através de uma cadeia montanhosa, grandes ondas ocorrem a favor do vento das montanhas e para cima, para a tropopausa. As ondas podem se desenvolver isoladamente; mas, mais frequentemente, ocorrem como uma série de ondas a jusante das montanhas. Enquanto as ondas permanecem estacionárias, fortes ventos sopram através delas.

Você pode comparar uma onda de montanha a uma série de ondas formadas a jusante de uma cadeia rochosa submersa em um córrego ou rio que flui rapidamente. O ar mergulha rapidamente no sotavento de uma cordilheira, depois sobe e desce em um movimento ondulatório a jusante.

Uma forte onda de montanha requer:

1. Marcada estabilidade na corrente de ar perturbada pelas montanhas. Construir rapidamente cumulus sobre as montanhas que visualmente marca o ar instável; convecção, evidenciada pelo cumulus, tende a impedir a formação de ondas.

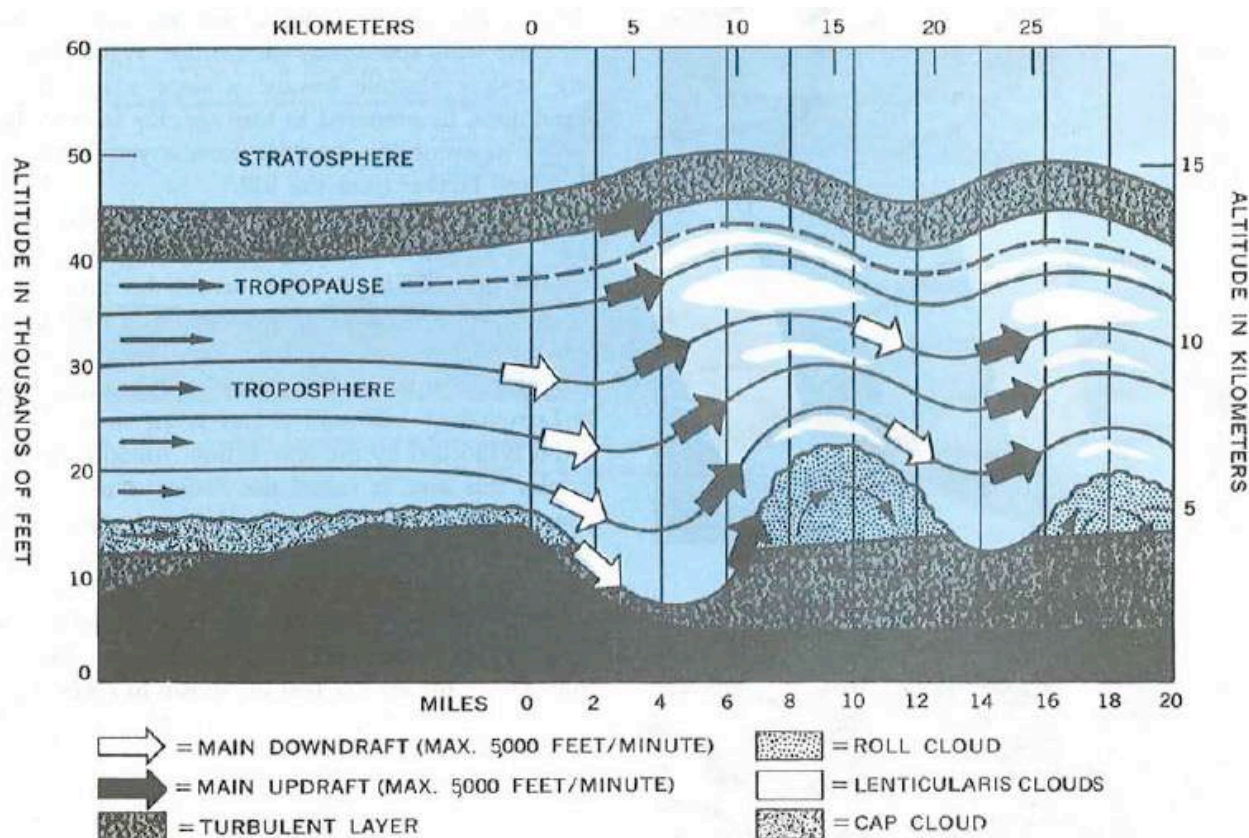


FIGURA 25. Corte esquemático de uma onda de montanha. A melhor sustentação é contra o vento de cada crista de onda por cerca de um terço da distância até a crista da onda precedente.

2. A velocidade do vento ao nível do topo deve exceder um mínimo que varia de 15 a 25 nós, dependendo da altura. Ventos superiores devem aumentar ou pelo menos permanecer constantes com altura até a tropopausa.

3. A direção do vento deve estar dentro dos 30 graus normais. A ascendente diminui à medida que os ventos ficam mais próximos da paralela.

COMPRIMENTO E AMPLITUDE DE ONDA

Comprimento de onda é a distância horizontal entre cristas de ondas sucessivas e é geralmente entre 2 e 25 milhas. Em geral, o comprimento de onda é controlado pelo componente de vento perpendicular à crista e pela estabilidade do fluxo a montante. O comprimento da onda é diretamente proporcional à velocidade do vento e inversamente proporcional à estabilidade. A Figura 26 ilustra o comprimento de onda e também a amplitude.

A amplitude de uma onda é a dimensão vertical e é a metade da diferença de altitude entre a onda e a crista. Em uma onda típica, a amplitude varia com a altura acima do solo. Está menos perto da superfície e perto da tropopausa. A maior amplitude é de aproximadamente 3.000 a 6.000 pés acima da crista. A amplitude da onda é controlada pelo tamanho e forma da crista, bem como pelo vento e estabilidade. Uma camada superficial de grande estabilidade e vento moderado produz uma amplitude de onda maior do que uma camada profunda de estabilidade moderada e ventos fortes. Além disso, quanto maior a amplitude, menor é o comprimento de onda. As ondas que oferecem a sustentação mais forte e mais consistente são aquelas com grande amplitude e comprimento de onda curto.

INDICADORES VISUAIS

Se o ar tiver umidade suficiente, as nuvens lenticulares (em forma de lente) marcam as cristas das ondas. Arrefecimento de ar

ascendendo em direção à crista da onda satura o ar formando nuvens. O aquecimento do ar descendo além da crista da onda evapora a nuvem. Assim, por condensação contínua a barlavento da crista da onda e evaporação a sotavento, o recurso de nuvem permanece enquanto o vento puder estar soprando através da onda a 50 nós ou mais. Nuvens lenticulares em bandas sucessivas a jusante da montanha marcam uma série de cristas de ondas.

O espaçamento das lenticulares marca o comprimento de onda. As lenticulares claramente identificáveis também sugerem maior amplitude de onda do que nuvens que mal exibem a forma lenticular. Estes tipos de nuvens, juntamente com nuvens estratiformes nas encostas de barlavento e ao longo da crista da montanha, indicam a estabilidade favorável à ascensão nas ondas das montanhas.

Trovoadas ou rápido acúmulo sobre montanhas marcam o ar instável. À medida que alcançam a maturidade, as tempestades de vento costumam deslocar-se a favor dos vales e planícies a sotavento. Correntes convectivas fortes no ar instável impedem a formação de ondas. Se você vislumbrar inúmeras nuvens de instabilidade, espere até outro dia para que a onda da montanha lhe dê a ascensão desejada.

TURBULÊNCIA NA ASCENSÃO

Uma onda de montanha, de um modo semelhante ao de uma térmica, significa turbulência para aeronaves motorizadas, mas para uma aeronave que se move lentamente, produz uma ascensão e afundamento acima do nível da crista da montanha. Mas como o ar se espalha pela crista como uma cachoeira, causa fortes correntes descendentes. O violento movimento do ar forma uma série de “rotores” por baixo do vento da montanha, que são perigosos até mesmo para um planador. Nuvens que se assemelham a longas faixas de estrato cumulus às vezes marcam a área de ar turbulento. Essas “nuvens de rotor” parecem permanecer estacionárias, separadas paralelamente e ficam a alguns quilômetros de distância das montanhas. A turbulência é mais frequente e mais severa nos rotores estacionados, logo abaixo das cristas das ondas, ou abaixo dos níveis das montanhas. Essa turbulência do rotor é especialmente violenta em ondas geradas por grandes montanhas, como as Montanhas Rochosas. A turbulência do rotor com montanhas menores é muito menos severa, mas está sempre presente em certa medida. A turbulência é maior em ondas bem desenvolvidas.

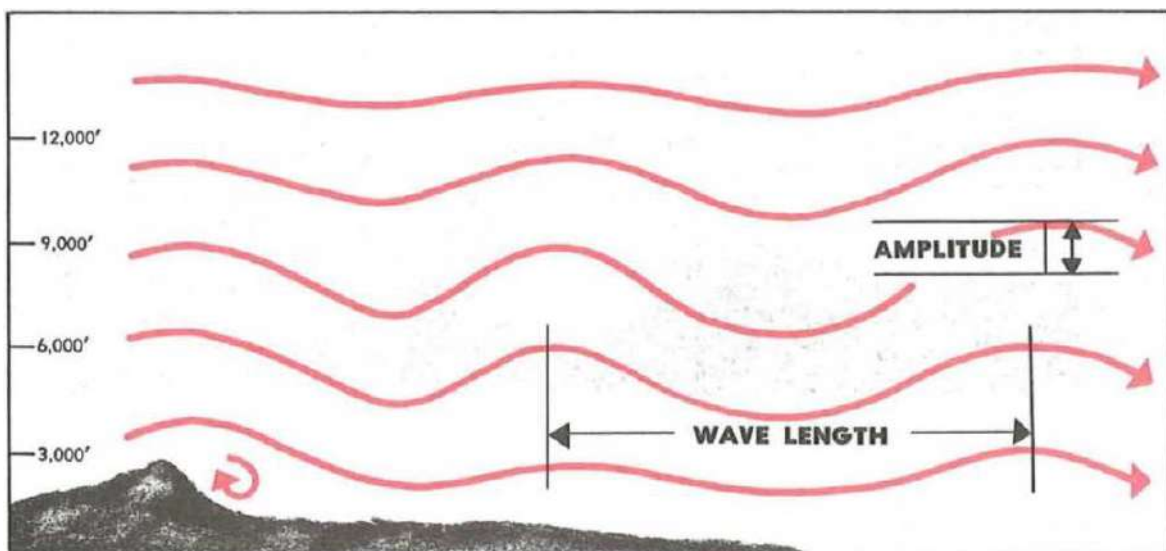


FIGURA 26. Comprimento e amplitude das ondas.

ÁREAS FAVORECIDAS

As ondas de montanha ocorrem com maior frequência ao longo das Montanhas Rochosas do centro e do norte e dos Apalaches do norte. Ocasionalmente, as ondas se formam à sombra de montanhas em Arkansas, Oklahoma e no sudoeste do Texas. Satélites meteorológicos observaram ondas que se estendem a grandes distâncias a favor do vento das Montanhas Rochosas; uma série estendida por quase 700 milhas. A distância mais usual é de 150 a 300 milhas. Enquanto as ondas dos Apalaches não são tão fortes quanto as das Montanhas Rochosas, elas ocorrem com frequência; e os satélites os observaram em uma média de 115 milhas a favor do vento. O comprimento de onda dessas ondas é de cerca de 10 milhas náuticas.

APROVEITANDO AS ONDAS

Muitas vezes você pode detectar uma onda pela suavidade estranha de sua ascensão. Primeiro ao localizar uma onda, vire-se para o vento e tente subir diretamente sobre o local onde você detectou a ascendente, desde que possa permanecer a uma altitude acima do nível da crista da montanha. A área turbulenta do lado sotavento é para o piloto experiente somente. Depois de subir cautelosamente até a onda, tente determinar as dimensões da zona de sustentação. Se a onda estiver sobre um terreno acidentado, pode ser impossível e desnecessário determinar o comprimento de onda. A ascensão nesse terreno é provável que esteja em bandas irregulares. Em um terreno mais plano, o comprimento de onda pode ser fácil de determinar e usar no planejamento da próxima etapa do voo.

Nuvens de onda são uma pista visual em sua busca por ascensão. A forma ondulatória dos lenticulares é geralmente mais óbvia por cima que por baixo. A ascensão deve prevalecer a partir da crista das lenticulares até cerca de um terço do comprimento de onda. Quando o seu curso leva você através das ondas, suba no lado de barlavento da onda e voe o mais rápido possível para o lado de barlavento da

próxima onda. A ascendente de ondas de 300 a 1.200 pés por minuto não é incomum. Pilotos de planador têm encontrado correntes verticais que ultrapassam 3.000 pés por minuto, o mais forte já relatado sendo 8.000 pés por minuto.

EM RESUMO

Recordes são feitos para serem quebrados. Os registros de altitude e distância são o principal alvo de muitos entusiastas do voo a vela. Registros de distância podem ser possíveis voando uma combinação de fontes de sustentação, como térmica, frontal, crista ou onda. Os registros de altitude são definidos em ondas de montanha. Altitudes acima de 46.000 pés foram alcançadas sobre as Montanhas Rochosas; voos ascendentes para mais de 24.000 pés foram feitos nas ondas dos Apalaches; e voos para tão alto como 20.000 pés foram gravados da Nova Inglaterra para a Carolina do Norte.

Esperamos, sinceramente, que este capítulo tenha lhe dado uma visão das variações mínimas que afetam profundamente um planador. Quando você ficou no ar por horas sem um motor, você encontrou um desafio único e experimentou uma emoção singular de voar.