



## ESTÓIS E PARAFUSOS

AERoclube DO PLANALTO CENTRAL

## **PROPÓSITO.**

Este documento explica o treinamento de conscientização de estól e parafuso e oferece orientação aos instrutores de voo que fornecem esse treinamento. Além disso, informa os pilotos sobre os padrões de aeronavegabilidade para a certificação de tipo de aviões de categoria normal, utilitária e acrobática, relativos a manobras de parafuso, e enfatiza a importância de observar restrições que proibam o parafuso intencional em certos aviões.

## Sumário

<b>CAPÍTULO 1. TREINAMENTO EM SOLO: CONSCIÊNCIA DO ESTÓL E DO PARAFUSO .....</b>	<b>3</b>
100. EFEITOS DE ESTÓL / PARAFUSO E DEFINIÇÕES. ....	3
101. DISTRAÇÕES.....	5
102. EFEITOS DA CONFIGURAÇÃO DAS ASAS NA ADVERTÊNCIA DE ESTÓL, VELOCIDADE DE ESTOL E RECUPERAÇÃO POS ESTÓL. ....	6
103. RECONHECIMENTO DO ESTÓL.....	6
104. TIPOS DE ESTÓIS .....	7
105. RECUPERAÇÃO DE ESTÓL. ....	7
106. ESTÓIS SECUNDÁRIOS. ....	8
107. PARAFUSOS.....	8
108. PESO E BALANCEAMENTO .....	8
109. CAUSA PRIMÁRIA.....	8
110. TIPOS DE PARAFUSOS.....	9
111. RECUPERAÇÃO DE PARAFUSO.....	9
112. RECUPERAÇÃO DE ESPIRAL. ....	10
<b>CAPÍTULO 2. VOO DE TREINAMENTO: ESTÓIS .....</b>	<b>11</b>
200. TREINAMENTO DE ESTÓL. ....	11
<b>CAPÍTULO 3. TREINAMENTO DE VOO: PARAFUSOS .....</b>	<b>14</b>
300. TREINAMENTO DE PARAFUSO.....	14
<b>CAPÍTULO 4. PADRÕES DE AERONAVEGABILIDADE .....</b>	<b>16</b>
400. LIMITAÇÕES OPERACIONAIS.....	16
401. PLACAS.....	17
402. CONSCIÊNCIA DO PILOTO .....	17

# CAPÍTULO 1. TREINAMENTO EM SOLO: CONSCIÊNCIA DO ESTÓL E DO PARAFUSO

## 100. EFEITOS DE ESTÓL / PARAFUSO E DEFINIÇÕES.

Um estól é uma perda de sustentação e um aumento no arrasto que ocorre quando uma aeronave voa em um ângulo de ataque (AOA) maior que o ângulo para sustentação máxima. Se a recuperação de um estól não for efetuada de maneira oportuna e apropriada, reduzindo-se o AOA, pode ocorrer um estól secundário e / ou um parafuso. Todas os parafusos são precedidos por um estól em pelo menos parte da asa. O ângulo do vento relativo é determinado principalmente pela velocidade e atitude da aeronave. Outros fatores são considerados, como peso da aeronave, centro de gravidade, configuração e a quantidade de aceleração usada em uma curva. A velocidade em que o ângulo crítico do vento relativo é excedido é a velocidade de estól. As velocidades de estol são listadas no Manual de Voo do Avião ou no Manual de Operação do Piloto e dizem respeito a certas condições ou configurações de aeronave, por exemplo, configuração de pouso. Outras velocidades operacionais específicas são calculadas com base na velocidade de estol da aeronave na configuração de pouso. Os valores da velocidade especificada no MANUAL podem variar em diferentes circunstâncias. Fatores como peso, centro de gravidade, altitude, temperatura, turbulência e a presença de neve, gelo ou gelo nas asas afetarão a velocidade de estol da aeronave. Para entender completamente o fenômeno de estól / parafuso, alguns fatores básicos que afetam a aerodinâmica da aeronave e o voo devem ser revisados com ênfase particular em sua relação com as velocidades de estól. (Este AC se preocupa principalmente com os aviões e discute-os. Entretanto, muitas das informações também são aplicáveis aos planadores.) Os termos a seguir são definidos como relacionados a estóis / parafusos.

a. Ângulo de ataque. AOA é o ângulo no qual a linha de corda da asa encontra o vento relativo. A linha de corda é uma linha reta traçada através do perfil da asa que conecta as extremidades da borda de ataque e da borda de fuga. O AOA deve ser pequeno o suficiente para permitir que o fluxo de ar em contato, sobre e sob o aerofólio, produza sustentação. Uma mudança no AOA afetará a quantidade de sustentação que é produzida. Consequentemente, o AOA é um elemento de sustentação. Um AOA excessivo interromperá o fluxo de ar sobre o aerofólio. Se o AOA não for reduzido, uma seção do aerofólio atingirá seu AOA crítico, perderá a sustentação e estolará. Exceder o AOA crítico para uma seção específica do aerofólio sempre resultará em um estól dessa seção.

b. Velocidade. A velocidade é controlada principalmente pelo profundor ou posição de controle longitudinal para uma dada configuração e potência. Por outro lado, a velocidade é controlada pela potência em uma determinada configuração e AOA. Se a velocidade de um avião for muito lenta, o AOA necessária para o voo nivelado será tão grande que o ar não poderá mais seguir a curvatura superior da asa. O resultado é uma separação do fluxo de ar da asa, perda de sustentação, um grande aumento no arrasto e, eventualmente, um estól se o AOA não for reduzido. O estól é o resultado de um AOA excessivo - velocidade insuficiente. Por exemplo, em uma curva de 60° nivelada em um voo coordenado, o fator de carga é de 2 G e a velocidade de estól aumenta 40 por cento sobre a velocidade do voo em linha reta e nivelada. **UM ESTÓL PODE OCORRER EM QUALQUER VELOCIDADE, EM QUALQUER ATITUDE, EM QUALQUER AJUSTE DE POTÊNCIA.**

c. Configuração. Flaps, trem de pouso e outros dispositivos de configuração podem afetar a velocidade de estól de um avião. A extensão de flaps e / ou trem de pouso em voo

aumentará o arrasto. A extensão do flap geralmente aumenta a capacidade de sustentação das asas, reduzindo assim a velocidade de estol da aeronave. O efeito de flaps na velocidade de estol de um avião pode ser visto por marcações no indicador de velocidade do avião, onde o limite inferior de velocidade do arco branco (velocidade de estól com motor reduzido e flaps na configuração de pouso) é menor que a velocidade limite do arco verde (velocidade de estól na configuração limpa).

d. VSO. VSO significa a velocidade de estol ou a mínima velocidade constante de voo na configuração de pouso.

e. VS1 VS1 significa a velocidade de perda ou a velocidade de voo estabilizada mínima obtida em uma configuração especificada.

f. VA VA é a velocidade de manobra do projeto. Não use movimentos de controle completos ou abruptos a essa velocidade ou acima dela. É possível exceder os limites estruturais do avião em ou acima de VA.

g. Fator de carga O fator de carga é a razão entre a força de sustentação produzida pelas asas e o peso real do avião e seu conteúdo. Fatores de carga são geralmente expressos em termos de "G." A velocidade de estól da aeronave aumenta proporcionalmente à raiz quadrada do fator de carga. Por exemplo, um avião que tenha uma velocidade normal de estól não acelerada de 45 nós pode estolar a 90 nós quando submetido a um fator de carga de 4 G's. A possibilidade de estolar inadvertidamente o avião aumentando o fator de carga (isto é, colocando o avião numa curva ou espiral acentuada) é muito maior do que no voo de cruzeiro normal. Um estól introduzido em um voo reto e nivelado ou em uma subida reta não acelerada não produzirá fatores adicionais de carga. Em uma curva de razão constante, os fatores de carga aumentados farão com que a velocidade de estól de um avião aumente conforme o ângulo de inclinação aumenta. Curvas excessivamente íngremes devem ser evitados, porque o avião irá estolar a uma velocidade muito maior. Se a aeronave exceder a velocidade de manobra, podem ocorrer danos estruturais na aeronave antes que ela estole. Se o nariz cair durante uma curva íngreme, o piloto pode tentar elevá-lo para a atitude de voo nivelado sem a redução da inclinação. Esta situação aumenta a curva e pode levar a um mergulho em espiral. Uma sensação de falta de peso resultará se a recuperação de um estól for realizado empurrando abruptamente o manche para frente, o que reduzirá a carga nas asas. As recuperações de estóis e parafusos envolvem uma compensação entre a perda de altitude (e um aumento na velocidade) e um aumento no fator de carga na recuperação. No entanto, a recuperação do mergulho após a recuperação do parafuso geralmente causa maiores velocidades e, conseqüentemente, maiores razões de carga do que as recuperações de um estól devido à posição muito mais baixa do nariz. Aumentos significativos do fator de carga são às vezes induzidos durante a recuperação após a recuperação de um estól ou parafuso. Deve-se notar que os danos estruturais podem resultar dos altos fatores de carga que poderiam ser impostos à aeronave por estóis intencionais praticados acima da velocidade de manobra do projeto do avião.

h. Centro de gravidade (CG). A localização do CG tem um efeito direto sobre a sustentação efetiva e o AOA da asa, a quantidade e a direção da força na cauda e o grau de deflexão do profundor necessário para fornecer a força na cauda adequada para o equilíbrio. A posição do CG, portanto, tem um efeito significativo na estabilidade e na recuperação de estól / parafuso. À medida que o CG é movido para trás, a quantidade de deflexão do profundor necessária para estolar o avião em um determinado fator de carga será reduzida.

Um aumento do AOA será alcançado com menos força no profundor. Isso poderia facilitar a entrada em estóis inadvertidos e, durante a recuperação subsequente, seria mais fácil gerar fatores de carga mais altos devido às reduzidas forças de controle do profundor. Em um avião com um CG extremamente afastado, forças de controle de profundor muito leves podem levar a entradas inadvertidas de estól e, se um parafuso ocorrer, o equilíbrio de forças no avião pode resultar em um parafuso chato. A recuperação de um parafuso chato é muitas vezes impossível. Uma localização de CG para a frente, muitas vezes, faz com que o AOA para um estól seja alcançado a uma velocidade relativa mais alta. O aumento da força de controle do profundor traseiro geralmente é necessário com uma localização CG mais a frente.

i. Peso. Embora a distribuição de peso tenha o efeito mais direto sobre a estabilidade, o aumento do peso bruto também pode afetar as características de voo de uma aeronave, independentemente da posição do CG. À medida que o peso do avião é aumentado, a velocidade de estól aumenta. O aumento do peso requer um AOA maior para produzir sustentação adicional para suportar o peso.

j. Altitude e temperatura. Altitude tem pouco ou nenhum efeito na velocidade indicada de estól do avião. O ar mais fino em altitudes mais altas resultará em menor desempenho da aeronave e maior velocidade verdadeira para uma dada velocidade indicada. Temperaturas mais altas do que as normais também contribuirão para aumentar a velocidade verdadeira para uma dada velocidade indicada. No entanto, a velocidade verdadeira mais alta não afeta a velocidade indicada para aproximação ou a velocidade de estól. As velocidades aerodinâmicas indicadas pelo fabricante devem, por conseguinte, ser mantidas durante a aproximação para pouso, independentemente da altitude ou altitude densidade no aeroporto de pouso.

k. Neve, gelo ou gelo nas asas. Mesmo um pequeno acúmulo de neve, gelo ou gelo na superfície de uma aeronave pode causar um aumento na velocidade de estol daquela aeronave. Tal acumulação altera a forma da asa, interrompendo o fluxo suave de ar sobre a superfície e, conseqüentemente, aumentando o arrasto e diminuindo a sustentação. O voo não deve ser tentado quando neve ou gelo se acumularem nas superfícies da aeronave.

l. Turbulência. A turbulência pode fazer com que uma aeronave estole a uma velocidade significativamente mais alta do que em condições estáveis. Uma rajada ou tesoura de vento pode causar uma mudança repentina no vento relativo e resultar em um aumento abrupto no AOA. Embora uma rajada possa não ser mantida o tempo suficiente para que um estól se desenvolva, a aeronave pode estolar enquanto o piloto está tentando controlar a rota do voo, particularmente durante uma aproximação em condições tempestuosas. Ao voar em turbulência moderada a severa ou ventos fortes, uma velocidade de aproximação maior que o normal deve ser mantida. Em voos de cruzeiro em turbulência moderada ou grave, uma velocidade bem acima da velocidade indicada de estol e abaixo da velocidade de manobra deve ser usada. Deve-se notar que a velocidade de manobra é menor com um peso menor.

## 101. DISTRAÇÕES.

As quedas resultantes do gerenciamento inadequado da velocidade são mais prováveis de ocorrer quando o piloto se distrai com uma ou mais tarefas, como localizar uma lista de verificação ou tentar reiniciar o motor após uma falha; voando um padrão de tráfego em um dia de vento; ler um gráfico ou fazer cálculos de combustível e / ou distância; ou tentar recuperar itens do piso, do banco de trás ou do porta-luvas. Os pilotos, em todos os níveis de habilidade, devem estar cientes

do aumento do risco de entrar em um estól ou parafuso inadvertido durante a execução de tarefas secundárias ao controle da aeronave.

#### 102. EFEITOS DA CONFIGURAÇÃO DAS ASAS NA ADVERTÊNCIA DE ESTÓL, VELOCIDADE DE ESTOL E RECUPERAÇÃO POS ESTÓL.

As velocidades de estol e características de estol são geralmente determinadas com aerofólios não configurados. Para aviões certificados para voo em condições de formação de gelo, as formas de gelo podem também ter sido consideradas pelos seus efeitos nas aeronaves. No entanto, nem todas as condições e configurações de gelo possíveis podem ser testadas. Além disso, qualquer configuração ou alteração do bordo de ataque causada por fatores como lama, resíduos de insetos ou gelo pode alterar significativamente as características aerodinâmicas da asa, mas é o gelo que é a principal preocupação.

a. Em algumas condições de formação de gelo, há mudanças adversas na velocidade de estol, características de estol, desempenho e características de controle do avião. Essas alterações adversas são potencialmente perigosas por vários motivos. Em primeiro lugar, pode ocorrer um estol aerodinâmico com poucas ou nenhuma das dicas habituais antes do estól ou da ocorrência de estól. Essas dicas incluem buffet da fuselagem das aeronaves ou superfície de controle, eficácia de controle reduzida e ativação da buzina de alerta de estól, stick shaker e do stick push. Em seguida, devido à alta resistência a superfícies desprotegidas e ao gelo residual em superfícies protegidas, pode haver potência insuficiente ou empuxo para aumentar a velocidade, mantendo a altitude constante para reduzir o AOA. Finalmente, a recuperação pós-estól de um avião contaminado pode ser complicada por mudanças bruscas na eficácia do controle, características de resposta do avião e forças de controle anormais. Como resultado desses fatores, grandes perdas na altitude podem ocorrer durante a recuperação.

b. Conseqüentemente, nessas condições, um comando de controle rápido para diminuir a atitude de inclinação para recuperar o controle lateral, com aplicação de potência agressiva, garante a recuperação mais rápida com perda mínima de altitude. O AOA deve ser reduzido imediatamente, pois a asa, ou parte da asa, já está estolada e não resta nenhuma margem para permitir a manutenção da altitude / atitude quando a potência é aplicada. O piloto deve observar o AOA (ou velocidade) durante a recuperação e não se aproximar do AOA (velocidade) limite durante a recuperação, ou pode ocorrer novo estól. O AOA pode estar bem abaixo do AOA de estól normal (abaixo do AOA shaker) e a velocidade pode estar bem acima da velocidade normal. Um aumento na velocidade de estól em até 50 nós foram observados na revisão de dados.

c. Outras complicações envolvem o uso do piloto automático. O piloto automático pode aplicar comandos de controle que irão mascarar a detecção de algumas dessas dicas táteis pelo piloto ou tentar controlar o avião. Auto desconexão repentina do piloto automático com superfícies de controle em posições extremas ou com controles em voo descoordenados complicará a recuperação do pós estól e pode levar a um parafuso ou espiral.

#### 103. RECONHECIMENTO DO ESTÓL.

Existem várias maneiras de reconhecer que um estól é iminente antes que ele realmente ocorra. Quando um ou mais desses indicadores são observados, o início de uma recuperação deve ser instintivo (a menos que um estól completo seja praticado intencionalmente a uma altitude que

permita a recuperação de pelo menos 1.500 pés acima do nível do solo (AGL) para aviões monomotores e 3.000 pés AGL para aviões multi-motor). Uma indicação de um estól é uma sensação mole nos controles de voo e menor efeito de controle à medida que a velocidade da aeronave é reduzida. Essa redução na eficácia do controle é atribuída em parte à redução do fluxo de ar nas superfícies de controle de voo. Em aviões de hélice de passo fixo, uma perda de rotações por minuto (RPM) pode ser evidente quando se aproxima de um estól nas condições de partida. Tanto para aviões quanto para planadores, uma redução no som do fluxo de ar ao longo da fuselagem é geralmente evidente. Pouco antes da ocorrência do estól, pode começar a chacoalhar, o arremesso incontrolável ou as vibrações. Muitas aeronaves são equipadas com dispositivos de aviso de estól que alertam o piloto de 4 a 8 nós antes do início de um estól. Finalmente, a cinestesia (a percepção de mudanças na direção ou velocidade de movimento), quando devidamente aprendido e desenvolvido, irá alertar o piloto de uma diminuição na velocidade ou o início de um balanço da aeronave. Essas indicações preliminares servem como um aviso para o piloto aumentar a velocidade adicionando energia, abaixando o nariz e / ou diminuindo o ângulo de inclinação.

#### 104. TIPOS DE ESTÓIS

Os estóis podem ser praticados com e sem potência. Os estóis devem ser praticados para familiarizar o aluno com as características particulares da nacele, sem colocar a aeronave em uma condição potencialmente perigosa. Nos aviões multi-motor, os estóis monomotores devem ser evitados. As descrições de alguns tipos diferentes de estóis são as seguintes:

a. Os estóis sem potência (também conhecidos como estóis de aproximação para pouso) são utilizados para simular as condições e a configuração normal de aproximação para pouso. Muitos acidentes com estól / parafuso ocorreram nessas situações sem potência, como o controle cruzado na curva da perna base para a aproximação final (resultando em curvas derrapadas); tentar recuperar de uma alta razão de afundamento na aproximação final usando apenas uma atitude de inclinação aumentada; e controle inadequado de velocidade na aproximação final ou em outros segmentos do padrão de tráfego.

b. Os estóis com potência (também conhecidas como estóis de decolagem) são utilizadas para simular condições e configurações de decolagem e subida. Muitos acidentes com estól / parafuso ocorreram durante essas fases de voo, particularmente durante as curvas. Um fator causal em tais acidentes tem sido a incapacidade do piloto em manter o controle positivo devido a um ajuste de compensador de nariz alto ou retração prematura do flap. A falha em manter o controle positivo durante as decolagens em pistas curtas também tem sido um fator causal de acidente.

c. Estóis acelerados podem ocorrer em velocidades acima do normal devido a aplicações de controle abruptas e / ou excessivas. Esses estóis podem ocorrer em curvas acentuadas, recuperações ou outras mudanças abruptas no desenrolar do voo. Estóis acelerados geralmente são mais severos do que estól sem aceleração e são frequentemente inesperados porque ocorrem em velocidades acima do normal.

#### 105. RECUPERAÇÃO DE ESTÓL.

O fator chave na recuperação de um estól é recuperar o controle positivo da aeronave, reduzindo o AOA. Na primeira indicação de um estól, o AOA da aeronave deve ser diminuído para permitir que as asas recuperem a sustentação. Todas as aeronaves em voo vertical podem exigir uma quantidade diferente de pressão à frente ou relaxamento da pressão de retorno do profundor para

recuperar a sustentação. Deve-se notar que muita pressão para a frente pode impedir a recuperação, impondo uma carga negativa na asa. O próximo passo na recuperação de um estól é aplicar suavemente a potência máxima permitida (se aplicável) para aumentar a velocidade e minimizar a perda de altitude. Certos aviões de alto desempenho podem exigir apenas um aumento no empuxo e relaxamento da contrapressão no manche para efetuar a recuperação. À medida que a velocidade aumenta e a recuperação é completada, a potência deve ser ajustada para retornar o avião à condição de voo desejada. O voo reto e nivelado deve ser estabelecido com o total uso coordenado dos controles. O indicador de velocidade ou o tacômetro, se instalados, nunca devem alcançar suas linhas vermelhas de alta velocidade a qualquer momento durante a prática de um estól.

#### 106. ESTÓIS SECUNDÁRIOS.

Se a recuperação de um estól não for feita corretamente, pode ocorrer um estól secundário ou um parafuso. Um estól secundário é causado pela tentativa de acelerar a conclusão de uma recuperação um estól antes que a aeronave recupere velocidade de voo suficiente. Quando este estól ocorre, a pressão para a frente apropriada ou o relaxamento da pressão do profundor deve ser realizada novamente como em uma recuperação de estól normal. Quando a velocidade relativa tiver sido recuperada, a aeronave poderá retornar ao voo reto e nivelado.

#### 107. PARAFUSOS.

Um parafuso em um pequeno avião ou planador é uma manobra controlada (recuperável) ou descontrolada (possivelmente irrecuperável) na qual o avião ou planador desce em uma trajetória helicoidal enquanto voa a um AOA maior que o AOA crítico. Parafusos resultam de estóis agravados por uma derrapagem. Se um estól não ocorrer, não poderá ocorrer um parafuso. Em um estól, uma das asas geralmente cai antes da outra e o nariz se inclina na direção da asa baixa.

#### 108. PESO E BALANCEAMENTO

Pequenas alterações no peso ou no balanceamento podem afetar as características de parafuso de uma aeronave. Por exemplo, a adição de uma mala no compartimento de bagagem traseiro afetará o peso e o balanceamento da aeronave. Uma aeronave que pode ser difícil de entrar em parafuso intencionalmente na categoria de utilidade (CG restrito para trás e peso reduzido) poderia ter menos resistência à entrada em parafuso na categoria normal (CG menos restrito a frente e aumento de peso) devido à sua capacidade de gerar um maior AOA e maior fator de carga. Além disso, uma aeronave aprovada para parafusos na categoria utilitária, mas carregada na categoria normal, pode não ser recuperável de um parafuso que tenha permissão para progredir além de uma volta ou parafuso de 3 segundos, o que for mais longo.

#### 109. CAUSA PRIMÁRIA.

A principal causa de um parafuso inadvertido é exceder o AOA crítico enquanto se aplica leme excessivo ou insuficiente e, em menor escala, aileron. Comandos de controle insuficientes ou excessivos para corrigir o fator de potência (PF) ou a potência de hélice assimétrica podem agravar a precipitação de um parafuso. Em um AOA alto, a lâmina que se move para baixo, que normalmente está no lado direito do arco da hélice, tem um AOA mais alto e, portanto, maior empuxo do que a lâmina em movimento para cima, à esquerda. Isso resulta em uma tendência de o avião guinar em torno do eixo vertical para a esquerda. Se uma correção de leme insuficiente ou excessiva for aplicada para neutralizar o PF, poderá ocorrer um voo descoordenado. Uma situação clássica em que o PF poderia desempenhar um papel importante em um acidente de estól / parafuso é durante uma decolagem em pista curta, onde o avião está em uma grande atitude, alta

potência e baixa velocidade. Em uma manobra descoordenada, os instrumentos pitot / estáticos, especialmente o altímetro e o indicador de velocidade, não são confiáveis devido à distribuição desigual da pressão do ar sobre a fuselagem. O piloto pode não estar ciente de que um AOA crítico está se aproximando até que o dispositivo de aviso de estól seja ativado. Se uma recuperação de estól não for prontamente iniciada, é mais provável que o avião entre em um parafuso inadvertido. Por exemplo, os acidentes com estól / parafuso ocorreram durante uma curva da base para a final, porque o piloto tentou ao curvar o avião aplicar pedal para não ultrapassar a pista, nem usar ângulo excessivo de inclinação no padrão de tráfego. O parafuso que ocorre fruto do controle cruzado de uma aeronave geralmente resulta em parafuso na direção do leme que está sendo aplicado, independentemente de qual ponta da asa esteja levantada. Em um parafuso de derrapagem, onde tanto o aileron quanto o leme são aplicados na mesma direção, a rotação será na direção em que os controles são aplicados. No entanto, em um parafuso derrapado, onde o aileron oposto é mantido contra o leme, o giro resultante geralmente ocorre na direção oposta ao aileron que está sendo aplicado.

#### 110. TIPOS DE PARAFUSOS.

a. Um parafuso incipiente é aquela porção de um parafuso a partir do momento em que o avião estola e a rotação começa, até que o parafuso se torne completamente desenvolvido. Os parafusos incipientes que não podem evoluir para um parafuso de estado estacionário são comumente usados como uma introdução para técnicas de treinamento e recuperação de parafuso.

b. Um parafuso de estado estacionário completamente desenvolvido ocorre quando a velocidade de rotação angular da aeronave, a velocidade e a velocidade vertical são estabilizadas de uma volta para outra em uma trajetória de voo próximo da vertical.

c. Um parafuso chato é caracterizado por uma atitude de nariz e inclinação quase niveladas com o eixo de rotação próximo ao CG do avião. A recuperação de um parafuso chato pode ser extremamente difícil e, em alguns casos, impossível.

#### 111. RECUPERAÇÃO DE PARAFUSO.

Antes de voar em qualquer aeronave, em que parafusos devem ser realizados, o piloto deve estar familiarizado com as características operacionais e procedimentos operacionais padrão, incluindo técnicas de recuperação de parafuso, especificadas no manual aprovado. O primeiro passo para se recuperar de um parafuso vertical é reduzir a potência completamente para eliminar a energia e minimizar a perda de altitude. Se as técnicas de recuperação de parafuso da aeronave em particular não forem conhecidas, o próximo passo é neutralizar os ailerons, determinar a direção do giro e aplicar o leme totalmente oposto. Quando a rotação diminuir, mova rapidamente o controle do profundor para a posição aproximadamente neutra. Algumas aeronaves exigem apenas um relaxamento da pressão; outros exigem pressão total de controle do profundor. O movimento para frente do controle do profundor diminuirá o AOA. Uma vez que o estól está quebrado, o giro irá parar. Neutralize o leme quando o giro parar para evitar entrar em um parafuso na direção oposta. Quando o leme for neutralizado, aplique gradualmente a pressão de profundor suficiente para voltar ao nível de voo. Pressão de profundor muito alta ou abrupta e / ou aplicação de leme e ailerons durante a recuperação podem resultar em um estól secundário e, possivelmente, em outro parafuso. Se o parafuso estiver sendo realizado em um avião, o motor algumas vezes deixará de desenvolver potência devido à força centrífuga que atua sobre o combustível nos tanques do avião, causando a interrupção do combustível. Portanto, é recomendável assumir que a potência não está disponível ao praticar a recuperação de parafuso.

Como uma estimativa aproximada, uma perda de altitude de aproximadamente 500 pés por cada volta de 3 segundos pode ser esperada na maioria das aeronaves pequenas nas quais os parafusos são autorizados. Maiores perdas podem ser esperadas em altas altitudes de densidade.

#### 112. RECUPERAÇÃO DE ESPIRAL.

O espiral é um modo de autorrotação semelhante a um parafuso. O centro de rotação está próximo da linha central do avião, mas o avião não está estolado. Muitos aviões e planadores não entrarão em parafuso com CG avançado, mas irão entrar numa espiral. Muitos aviões entrarão em um parafuso, mas o parafuso se tornará mais vertical e acabará em uma espiral. É importante notar que quando o parafuso passa para a espiral, a velocidade aumenta à medida que o nariz desce para perto da vertical. As forças laterais no avião aumentam muito rapidamente e a recuperação deve ser efetuada imediatamente antes de exceder os limites estruturais do avião. Diminua a pressão no manche, neutralize o leme e recupere do mergulho íngreme. Como na recuperação de parafuso, evite comandos de profundor abruptos ou excessivos que poderiam levar a um estól secundário.

## CAPÍTULO 2. VOO DE TREINAMENTO: ESTÓIS

### 200. TREINAMENTO DE ESTÓL.

Os instrutores de voo devem ser capazes de dar treinamento em estóis. O instrutor de voo deve enfatizar que as técnicas e procedimentos para cada aeronave podem diferir e que os pilotos devem estar cientes das características de voo de cada aeronave voada. Por causa das possíveis consequências catastróficas, os estóis de monomotores não devem ser demonstrados ou praticados em aviões multi-motor. Aviões com motores normalmente aspirados perderão potência à medida que a altitude aumenta devido à densidade reduzida do ar que entra no sistema de aspiração dos motores. Essa perda de potência resultará em um VMC menor que a velocidade de estól em altitudes mais altas. (VMC é a velocidade mínima de controle com o motor crítico inoperante). Além disso, alguns aviões têm um leme tão efetivo que mesmo a nível do mar, o VMC é menor que a velocidade de estol. Para estes aviões, a demonstração da perda do controle direcional pode ser conduzida com segurança limitando o curso do leme para simular o limite máximo disponível do leme. A limitação do curso do leme deve ser realizada bem acima da velocidade de estól (aproximadamente 20 nós). Isso evitará os riscos de estolar uma asa com a potência máxima permitida aplicada ao motor na outra asa. O treinamento de voo exigido pela parte 61 não implica a prática real de parafusos para outros que não sejam instrutores de voo, mas enfatiza a prevenção de estol e parafuso. O método de treinamento mais eficaz é a simulação de cenários que podem levar a estóis inadvertidos, criando distrações enquanto o aluno está praticando certas manobras. As demonstrações e práticas de estól, incluindo manobras durante voo lento e outras manobras com distrações que podem levar a estóis inadvertidos, devem ser realizadas a uma altitude suficiente para permitir a recuperação acima de 1.500 pés AGL em aviões monomotores e 3.000 pés AGL em aviões multi-motor.

#### a. Prática de prevenção de estol em velocidades lentas.

- (1) Atribua um rumo e uma altitude. Faça com que o aluno reduza a potência e diminua a velocidade para uma velocidade acima da velocidade de estol, usando o compensador conforme necessário.
- (2) Peça ao aluno que mantenha o rumo e a altitude com o dispositivo de aviso de estól ativado.
- (3) Demonstrar o efeito do ajuste do profundor (use configurações neutras e de nariz alto) e o ajuste do leme, se disponível.
- (4) Observe a tendência de curva à esquerda e a eficácia do leme para o controle lateral / direcional.
- (5) Enfatize como a pressão correta do leme é necessária para centralizar o indicador de bola e manter o rumo.
- (6) Solte o leme e avise o aluno para observar a guinada para a esquerda.
- (7) Demonstração de guinada adversa. Em uma velocidade baixa, peça para o aluno curvar, para a esquerda e para a direita, sem usar os pedais do leme.
- (8) Peça aos alunos que pratiquem curvas, subidas e descidas com baixa velocidade.
- (9) Demonstrar os procedimentos adequados de extensão e retração do flap durante o voo nivelado, para evitar um estól em baixas velocidades. Observe a mudança nas velocidades de estól com os flaps estendidos e recolhidos.

(10) Distrações realistas em baixas velocidades. Dê ao aluno uma tarefa para realizar ao voar em baixa velocidade. Instrua o aluno a dividir sua atenção entre a tarefa e voar a aeronave para manter o controle e evitar um estól. As seguintes distrações podem ser usadas:

- (a) Solte um lápis. Peça ao aluno para pegá-lo.
- (b) Peça ao aluno para determinar um rumo a um aeroporto usando uma carta.
- (c) Peça ao aluno para redefinir o relógio para UTC.
- (d) Peça ao aluno para pegar algo no banco de trás.
- (e) Peça ao aluno para ler a temperatura do ar exterior.
- (f) Peça ao aluno para sintonizar uma frequência para obter informações sobre o tempo.
- (g) Peça ao aluno para calcular a velocidade verdadeira com um computador de voo.
- (h) Peça ao aluno para identificar o terreno ou objetos no solo.
- (i) Peça ao aluno para identificar um campo adequado para um pouso forçado.
- (j) Peça ao aluno que suba 200 pés e mantenha a altitude, depois desça 200 pés e mantenha a altitude.
- (k) Faça o estudante reverter o curso após uma série de voltas em S.

(11) Voo a baixa velocidade com o indicador de velocidade coberto. Use várias configurações de flaps e distrações.

b. Estól com potência.

(1) Em uma altitude segura, peça ao aluno que tente fazer estóis na reta com potência de decolagem e em curvas. Enfatize como esses estóis podem ocorrer durante a decolagem.

(2) Peça ao aluno para demonstrar um estól de decolagem e distraí-lo um pouco antes de do estól acontecer. Explique quaisquer efeitos que a distração possa ter tido no estól ou recuperação.

c. Falha do motor em uma subida seguida por uma curva de planeio. Esta demonstração mostrará ao aluno quanta altitude o avião perde após uma falha de potência após a decolagem e durante um retorno para a pista e porque retornar ao aeroporto depois de perder um motor não é um procedimento recomendado. Isso pode ser feito usando uma inclinação média ou íngreme na curva, mas deve-se dar ênfase a evitar o estól.

(1) Ajuste na melhor razão de subida (VY). Diretamente abaixo de você deve haver um ponto de referência em linha reta (ou seja, estrada ou linha de energia) paralela ao seu percurso de voo.

(2) Reduza a potência suavemente para a marcha lenta enquanto o avião passa por uma altitude básica.

(3) Abaixar o nariz para manter a melhor velocidade de planeio e faça uma curva de 260° na melhor velocidade de planeio. Deve ser enfatizado que esta curva deve ser contra o vento (se houver um vento cruzado).

(4) Re-interceptar o final do seu percurso de saída (sobre o ponto de referência que você escolheu) de entrada com uma curva de 80° na direção oposta.

(5) Apontar a perda de altitude e enfatizar a rapidez com que a velocidade diminui após uma falta de potência em uma atitude de subida.

**NOTA: Dependendo do vento, do comprimento da pista e da altitude, as curvas de 260/80° podem precisar ser modificadas (250/70 ° ou 270/90 °) para atender a situação existente.**

d. Estóis com Controles Cruzados em Curvas Derrapadas. Realizar estóis em curvas niveladas para simular curvas da base para a final. Realize os estóis a partir de uma curva coordenada e uma curva derrapada. Explique a posição do indicador da bola em cada curva e o comportamento da aeronave em cada um dos estóis.

e. Estól sem potência (Aproximação Para-Pouso).

(1) Peça ao aluno para executar um estól com flap, com o trem baixado e sem potência, com os procedimentos corretos de recuperação. Observe a perda de altitude.

(2) Peça ao aluno que repita este procedimento e distraia o aluno durante o estól e a recuperação e anote o efeito da distração. Mostre como os erros no procedimento de retração do flap podem causar um estól secundário.

f. Estóis durante arremetidas.

(1) Peça ao aluno que execute uma manobra completa, com o flap estendido e trem de pouso baixado, reduza a potência e tente subir com os flaps estendidos. Se uma atitude de subida mais alta que o normal é mantida, ocorrerá um estól secundário. (Em alguns aviões, um estól ocorrerá se uma atitude de inclinação normal for mantida.)

(2) Peça ao aluno que realize um estól com o flap estendido e trem baixado, sem potência e, em seguida, recupere e recolha os flaps rapidamente, uma vez que é mantida uma atitude de subida mais alta do que o normal. Um estól secundário ou uma perda de altitude pode resultar.

g. Estól de compensação de profundor.

(1) Peça ao aluno para colocar o avião em uma configuração de aproximação de pouso, em uma rampa devidamente compensada.

(2) Depois que a rampa é estabelecida, inicie uma curva adicionando potência total, apenas segurando o profundor levemente e com pressão no leme direito.

(3) Deixe o nariz subir e o torque irá desviar o avião para a esquerda. Na primeira indicação de um estól, recupere para uma atitude de arremetida normal.

(4) Enfatize a importância do controle correto de atitude, aplicação de pressões nos controles e ajuste apropriado do compensador durante as arremetidas.

## CAPÍTULO 3. TREINAMENTO DE VOO: PARAFUSOS

### 300. TREINAMENTO DE PARAFUSO.

O treinamento de parafuso é necessário apenas para instrutores de voo. Após a conclusão do treinamento, o diário de bordo do candidato ou o registro de treinamento deve ser endossado pelo instrutor de voo que forneceu o treinamento. Um endosso da amostra de treinamento de parafuso para candidatos a instrutores de voo está disponível na edição atual da AC 61-65.

a. O treinamento de parafuso deve ser realizado em uma aeronave aprovada para parafusos. Antes de praticar os parafusos intencionais, o manual deve ser consultado para as técnicas de entrada e recuperação adequadas.

b. O treinamento deve começar com a prática de entradas e saídas de estól para familiarizar o candidato com as características de estol da aeronave. Como evitar o parafuso, os parafusos incipientes, a entrada no parafuso, o parafuso e as técnicas de recuperação do parafuso devem ser praticados a partir de uma altitude acima de 3.500 pés AGL.

c. O treinamento para evitar o parafuso deve consistir em estóis e manobras durante o voo lento usando distrações realistas como as listadas no capítulo 2. O desempenho é considerado insatisfatório se for necessário que o instrutor assuma o controle da aeronave para evitar um parafuso completo.

d. Os parafusos incipientes devem ser praticados para treinar o candidato a instrutor a recuperar do estól mal executado ou atitude anormal que um aluno que poderia levar a um parafuso. Configure a aeronave para um estól com ou sem potência, e continue aplicando a pressão de profundor para trás. À medida que o estól ocorre, aplique o leme direito ou esquerdo e permita que o nariz gire em direção à asa estolada. Alivie os controles que estão induzindo o parafuso e recupere aplicando pressão contrária ao giro no leme e leve o manche a frente. O instrutor deve discutir a aplicação dos controles na recuperação.

e. A entrada no parafuso, parafuso e recuperação de parafuso deve ser demonstrada pelo instrutor e repetida em ambas as direções pelo candidato.

(1) Aplique o procedimento de entrada para um estól com potência. À medida que o avião se aproxima de um estól, aplique suavemente e completamente o leme na direção da rotação desejada e continue a aplicar o profundor para trás até o limite de deslocamento. Os ailerons devem ser neutros.

(2) Permita que o parafuso se desenvolva e seja totalmente recuperado até uma volta completa. Observe o indicador de velocidade durante o parafuso e a subsequente recuperação para garantir que não atinja a linha vermelha (VNE).

(3) Siga os procedimentos de recuperação recomendados pelo fabricante no manual. Na maioria das aeronaves, as técnicas de recuperação de parafuso consistem em retardar a potência (se em uma aeronave motorizada), aplicando leme oposto para diminuir a rotação, neutralizando os ailerons, aplicando movimento para frente do manche para quebrar o estól, neutralizando o leme quando a rotação para. retornando ao voo nivelado.

f. Durante o treino de parafuso, se um parafuso não estiver totalmente desenvolvido, a aeronave pode entrar em uma espiral. Uma espiral pode ser reconhecida por uma velocidade aumentando rapidamente após a tentativa de entrada no parafuso. (Em um parafuso real, a velocidade normalmente se estabiliza abaixo da velocidade de estol.) O

piloto deve reconhecer uma espiral e iniciar a recuperação imediata para evitar exceder os limites estruturais do avião.

## CAPÍTULO 4. PADRÕES DE AERONAVEGABILIDADE

### 400. LIMITAÇÕES OPERACIONAIS.

Limitações operacionais são impostas para a segurança dos pilotos e seus passageiros. Operações contrárias a essas restrições representam um sério compromisso de segurança. Portanto, é muito importante que todos os pilotos e instrutores de voo e os examinadores do piloto apliquem as seguintes informações sobre parafusos para treinamento de pilotos e operações de voo.

a. Categoria normal. Aviões de categoria normal não são aprovados para o desempenho de manobras acrobáticas, incluindo parafusos, e são exibidos cartazes proibindo parafusos intencionais. No entanto, para fornecer uma margem de segurança quando da recuperação de um estól, os aviões da categoria normal são testados durante a certificação e devem ser capazes de recuperar de um parafuso de uma volta ou de 3 segundos, o que levar mais tempo, e não mais do que um. giro adicional com os controles usados da maneira normalmente usada para recuperação ou para demonstrar a resistência do avião aos parafusos. Além disso, para aviões que demonstrem conformidade com requisitos de uma volta ou de 3 segundos:

- (1) Tanto para os flaps recolhidos quanto para as condições de estendidos, o limite de velocidade aplicável e o fator de carga de manobra no limite positivo não devem ser excedidos;
- (2) Nenhuma força de controle ou característica encontrada durante a recuperação pode afetar adversamente a sua pronta recuperação;
- (3) Deve ser impossível entrar em parafusos incontroláveis com qualquer regime de uso do motor em voo ou controles de potência na entrada ou durante o parafuso; e
- (4) Para a condição de flaps estendido, os flaps podem ser recolhidos durante a recuperação, mas não antes que a rotação tenha cessado.

**NOTA: Como os aviões certificados na categoria normal não foram testados por mais de uma volta ou rotação de 3 segundos, suas características de desempenho além desses limites são desconhecidas. Essa é a razão pela qual eles são exibidos contra parafusos intencionais.**

b. Categoria Acrobática. Um avião de categoria acrobática deve atender aos requisitos de parafuso para aeronaves de categoria normal e aos seguintes requisitos adicionais:

- (1) O avião deve se recuperar a partir de qualquer ponto em uma volta, até e incluindo seis voltas, ou qualquer número maior de voltas para as quais a certificação é solicitada, em não mais de uma volta e meia após o início do primeiro controle ou ação para recuperação. No entanto, além de três voltas, o parafuso pode ser interrompido se aparecerem características de espiral.
- (2) Os limites de velocidade aplicáveis e o fator de carga de manobra limite não devem ser excedidos. Para a configuração de flaps estendidos para a qual a aprovação é solicitada, os flaps não devem ser recolhidos durante a recuperação.
- (3) Deve ser impossível entrar em parafusos incontroláveis com qualquer regime de uso do motor em voo ou controles de potência na entrada ou durante o parafuso.

(4) Não deve haver características durante o parafuso (como razões excessivas de rotação ou movimentos oscilatórios extremos) que possam impedir uma recuperação bem-sucedida devido à desorientação ou incapacidade do piloto.

**NOTA: A menos que seja solicitado um número maior de voltas para a certificação de categoria acrobática, os aviões não foram testados por mais de seis voltas. As características de recuperação para voltas adicionais são desconhecidas.**

c. Categoria de Utilitária. Um avião de categoria de utilitária deve atender aos requisitos de parafuso para aviões de categoria normal e acrobática e aos requisitos aplicáveis de saída de emergência se a aeronave for aprovada para parafusos.

#### 401. PLACAS.

Todos os tipos de aviões certificados devem ter um cartaz de manobra de voo contendo as seguintes informações:

a. Para aviões de categoria normal, deve haver um cartaz à frente e em visão clara do piloto declarando: "Nenhuma manobra acrobática, incluindo parafusos está aprovada".

b. Para aeronaves de categoria de utilitária que atendam aos requisitos de parafuso, deve haver um cartaz à frente e em visão clara do piloto afirmando: "As manobras acrobáticas são limitadas ao seguinte (liste as manobras aprovadas e a velocidade de entrada recomendada para cada uma).

c. Para aeronaves de categoria de serviço público que não atendem às exigências de parafuso para aviões de categoria acrobática, deve haver um cartaz adicional em visão clara do piloto declarando: "Parafusos Proibidos".

d. Para aviões da categoria acrobática, deve haver um cartaz com visão clara do piloto, listando as manobras acrobáticas aprovadas e a velocidade de entrada recomendada para cada uma. Se as manobras de voo invertido não forem aprovadas, a placa deve incluir uma anotação para este efeito.

e. Para aeronaves de categoria acrobática e aeronaves de categoria de utilitária aprovadas para parafusos, deve haver um cartaz com visão clara do piloto, listando as ações de controle para a recuperação de manobras de parafuso; e afirmando que a recuperação deve ser iniciada quando aparecem características de espiral, ou depois de não mais do que seis voltas ou não mais do que qualquer número maior de voltas para as quais o avião tenha sido certificado.

#### 402. CONSCIÊNCIA DO PILOTO

O piloto de um avião que esteja numa aeronave que contenha uma placa informando ser proibido realizar parafusos intencionais deve assumir que o avião pode se tornar incontrolável em um parafuso. Além disso, os dispositivos de aviso de estól não devem ser desativados para testes de voo de certificação de pilotos em aviões para os quais são necessários equipamentos.