

Jorge Henrique Bidinotto
Yuri Cesarino

Princípios de Aviônica e Navegação
Capítulo 3 - Pouso por Instrumentos

São Carlos
Dezembro de 2017

Lista de ilustrações

Figura 1 – Luzes de Auxílio ao Pouso no Passado	6
Figura 2 – Regiões da Cabeceira da Pista de Pouso	7
Figura 3 – Representação de Aeroporto com ILS	7
Figura 4 – Antenas de um Boeing 777	8
Figura 5 – Representação Simplificada do LOC	8
Figura 6 – Lóbulos Esquerdo e Direito do LOC	9
Figura 7 – Limitações Espaciais do LOC	9
Figura 8 – Representação Simplificada do Glide Slope e com Marcadores	10
Figura 9 – Lóbulos Superior e Inferior do GS	10
Figura 10 – Interceptação do GS	11
Figura 11 – Planos do ILS	12
Figura 12 – Exemplo de Antena do LOC	13
Figura 13 – Exemplo de Antena do GS	13
Figura 14 – Marcadores do Procedimento ILS	14
Figura 15 – Instrumento Analógico Básico para ILS	15
Figura 16 – Cinco Possibilidades de Indicação durante Procedimento ILS	16
Figura 17 – Indicador de ILS, VOR e HSI	16
Figura 18 – Indicações Luminosas dos Marcadores	16
Figura 19 – Indicações durante Interceptação de GS	17
Figura 20 – Indicações durante Interceptação de LOC	17
Figura 21 – PFD com Informações de ILS	18
Figura 22 – Sinalizações Luminosas no PFD	18
Figura 23 – Representação de Aproximação ILS	19
Figura 24 – Representação de Aproximação ILS Back Course	19
Figura 25 – Representação de Marcador	19
Figura 26 – Representação de Compass Locator (NDB)	19
Figura 27 – Exemplo de Carta de Aproximação	20
Figura 28 – Tipos de ILS e suas Diferenças	21
Figura 29 – Diferentes Padrões de ALS	22
Figura 30 – Sistema de Luzes em Aeroporto	22
Figura 31 – Sistemas PAPI de 2 e 4 Luzes	23

Sumário

1	Pouso por Instrumentos	5
1.1	Conceito Geral e Breve Histórico	5
1.2	Guiagens	8
1.2.1	Localizer	8
1.2.2	Glide Slope	10
1.3	Componentes	12
1.3.1	Localizer	12
1.3.2	Glide Slope	13
1.3.3	Marker Beacons	14
1.3.4	Compass Locator	14
1.4	Instrumentos de Indicação	15
1.4.1	Aviônica Analógica	15
1.4.2	Aviônica Digital	18
1.5	Indicação em Cartas de Aproximação	19
1.6	Tipos de Aproximação ILS	20
1.7	Sistemas de Sinalização Luminosa para Aproximação	21
	Referências	25

1 Pouso por Instrumentos

1.1 Conceito Geral e Breve Histórico

O pouso por instrumentos pode abranger uma grande variedade de tipos de auxílio aos pilotos no momento da aterrissagem. Contudo, a ideia básica é sempre a mesma: não deixar o pouso sob total responsabilidade dos pilotos, para evitar ao máximo falhas humanas, nessa que é uma das partes mais críticas do voo. Mesmo com o tempo bom, muitas vezes é mais interessante confiar o pouso de uma máquina voadora de 300 toneladas aos instrumentos. Já em situações de visibilidade baixa, torna-se obrigatório esse uso.

Assim, pode-se destacar alguns auxílios ao pouso mais utilizados, como o NDB, o VOR e o ILS. O NDB, que significa *Non-Directional Beacon* (em português, Radiofarol Não Direcional), é uma simples antena que emite sinais de rádio em todas as direções, por isso o nome "Não Direcional". É um dos meios mais primitivos de navegação aérea e não está essencialmente ligado ao pouso, já que também pode servir de auxílio à navegação.

O VOR (*VHF Omnidirectional Range*, Radiofarol Omnidirecional em Frequência Muito Alta) já é um instrumento um pouco mais sofisticado e também pode ser utilizado tanto para a navegação em voo quanto para o auxílio ao pouso. A diferença crucial entre o VOR e o NDB é que o primeiro possui o que chamamos de radiais, que nada mais são do que as direções de 0 até 360. Dessa forma, ele por si só é capaz de direcionar o avião para chegar até ele ou para sair com determinada radial.

Nesse caso, deseja-se abordar o tipo mais utilizado e mais moderno de aproximação e pouso por instrumentos: o ILS, sigla para *Instrument Landing System*, ou, em português, Sistema de Pouso por Instrumento. Como pode-se perceber, o ILS não é utilizado para navegação em voo, apenas para guiar a aproximação e o pouso. Além disso, importante destacar que, enquanto NDB e VOR são aproximações de não-precisão, o ILS é de precisão.

Historicamente, contudo, as coisas nem sempre foram tão fáceis. Os primórdios do auxílio ao pouso, em meados das décadas de 20 e 30, começam com simples luzes que guiavam os pilotos até a cabeceira da pista, se estendendo por vários metros a partir dela. Outro exemplo da época é a utilização de Código Morse que, quanto mais intenso ficasse, mais perto da pista o piloto se encontrava. E também havia procedimentos como o que envolvia feixes de sinal de rádio de baixa frequência emitidos em forma de "V", para que o piloto voasse entre esses dois feixes até a pista, ou por meio da sintonização de um fixo a uma certa distância do aeroporto, a partir do qual a aeronave deveria descer a uma taxa precisa, controlada por cronômetro, até a atingir a cabeceira.

Curiosamente, o ILS não tardou a aparecer. No final da década de 20, começaram os primeiros testes. E foi em 1938, em Pittsburgh, nos Estados Unidos, que ocorreu o primeiro pouso por ILS. O sucesso foi tanto que, em 1949, a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO, *International Civil Aviation Organization*) adotou como padrão um ILS desenvolvido pelo exército dos EUA. Interessante ressaltar também que, apesar do nome ter sido sempre o mesmo, inicialmente o ILS era um auxílio à aproximação apenas, levando o avião até a proximidade da cabeceira, sendo que somente modelos mais modernos permitiram também o próprio pouso automático, muitos anos depois.

O conceito, de guiar o avião tanto horizontalmente quanto verticalmente, mostrou-se muito eficaz e conquistou a aviação. O sistema vem sendo aprimorado até hoje e, apesar de ser o mais popular e confiável, ele ainda coexiste com os demais meios de auxílio.

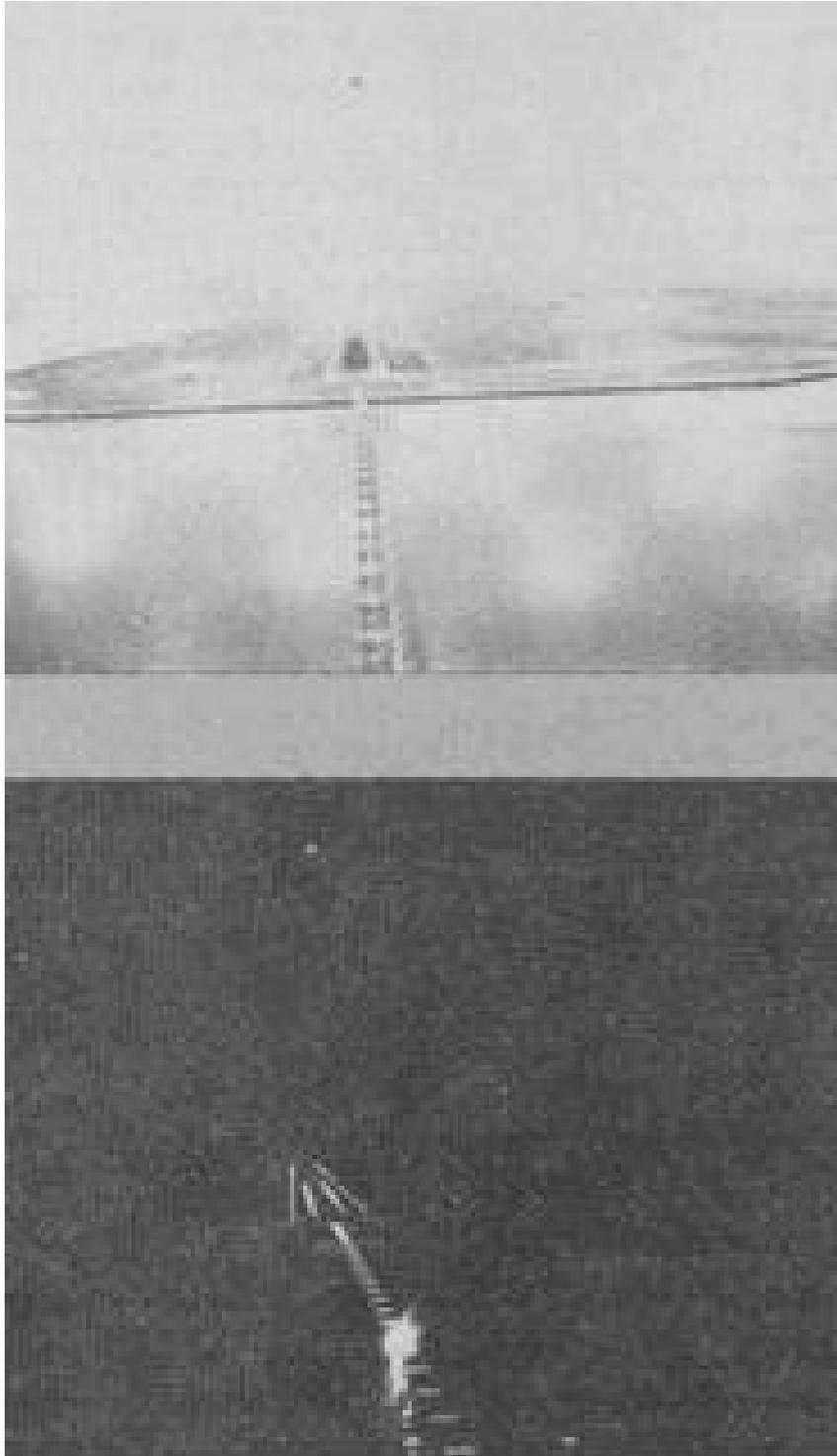


Figura 1 – Luzes de Auxílio ao Pouso no Passado

Como já dito, a ideia básica do ILS é justamente auxiliar o avião para o pouso tanto alinhando-o com a pista como guiando-o com uma taxa de descida específica para que a região inicial da pista seja atingida, ou seja, para que a *Touchdown Zone* ou mais precisamente o *Aiming Point* sejam atingidos, como pode ser visto na Figura 2 a seguir.



Figura 2 – Regiões da Cabeceira da Pista de Pouso

O ILS opera por meio de ondas de rádio, emitidas a partir de infraestrutura instalada no aeroporto, mais precisamente nos arredores da pista de pouso. A imagem abaixo ilustra de maneira didática essa infraestrutura, que será melhor abordada mais a frente neste documento.

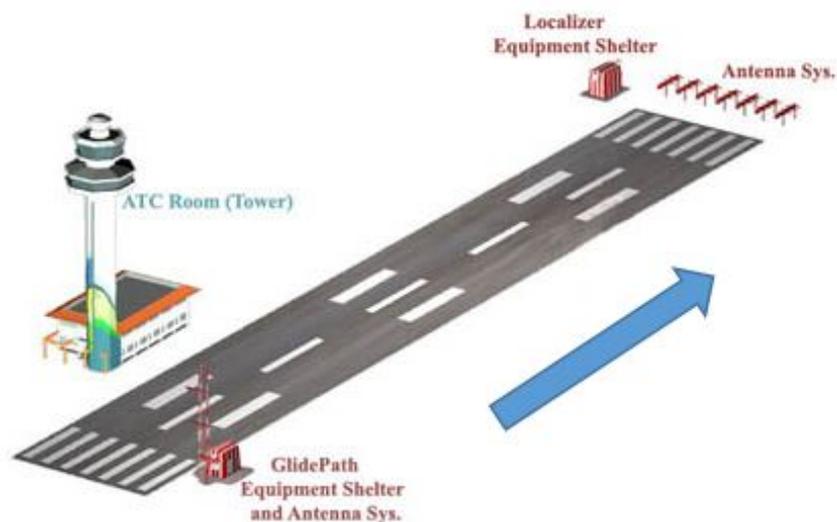


Figura 3 – Representação de Aeroporto com ILS

No caso da Figura 4, o sentido de pouso é o indicado pela seta azul. Além disso, a guiação horizontal recebe o nome em inglês de *Localizer*, enquanto a guiação vertical recebe o nome também em inglês de *Glide Slope* ou *Glide Path*.

Assim como o aeroporto, a aeronave também necessita de instrumentação específica para receber a transmissão dessas ondas de rádio e comunicá-las de uma maneira que possa ser interpretada pelos pilotos. A seguir, é possível visualizar um exemplo do conjunto de antenas instaladas em um Boeing 777 para identificar tais ondas, além das também

emitidas pelos marcadores (*Marker Beacon*), que nada mais são do que antenas presentes no caminho percorrido pelo avião na aproximação para verificação do curso correto.

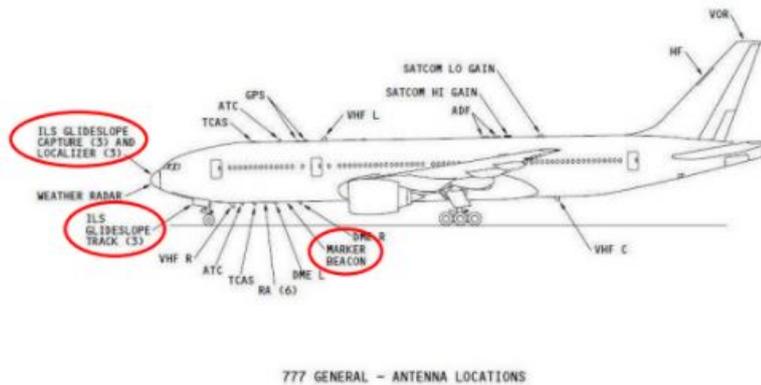


Figura 4 – Antenas de um Boeing 777

Pode-se ver que as antenas relacionadas aos componentes principais do ILS encontram-se na parte frontal da aeronave, favorecendo as interceptações dos sinais. Enquanto isso, a antena destinada aos marcadores fica mais próxima à barriga do avião.

1.2 Guiagens

1.2.1 Localizer

O *Localizer* (ou LOC) é o responsável por guiar o avião entre direita e esquerda para que esse se alinhe com a faixa central da pista de pouso. Com isso, ele atua no plano horizontal.

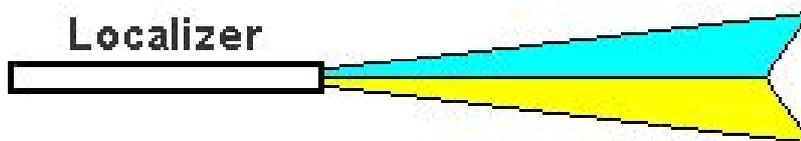


Figura 5 – Representação Simplificada do LOC

O LOC opera com ondas em VHF (*Very High Frequency*), mais precisamente entre 108.10 MHz e 111.95 MHz, variando de 0.05 MHz e com o primeiro dígito decimal sempre ímpar (108.10, 108.15, 108.30, 108.35, 108.50 e assim por diante).

No que diz respeito a como as simples emissão de sinais de rádio conseguem guiar o avião horizontalmente, a explicação vem da divisão dessa emissão em dois lóbulos distintos: pensando-se no sentido de voo do avião, o lóbulo esquerdo possui uma modulação em amplitude de 90 Hz, enquanto o direito de 150 Hz. Assim, é na sobreposição desses lóbulos que se encontra o eixo central da pista, em relação ao qual o avião precisa se alinhar.

Essa sobreposição acontece em relação à intensidade dos sinais, isto é, quando o avião encontra-se no eixo da pista, a intensidade dos dois diferentes sinais é igual. Quando um dos sinais está mais fraco do que o outro, significa que o avião ou está à esquerda ou à

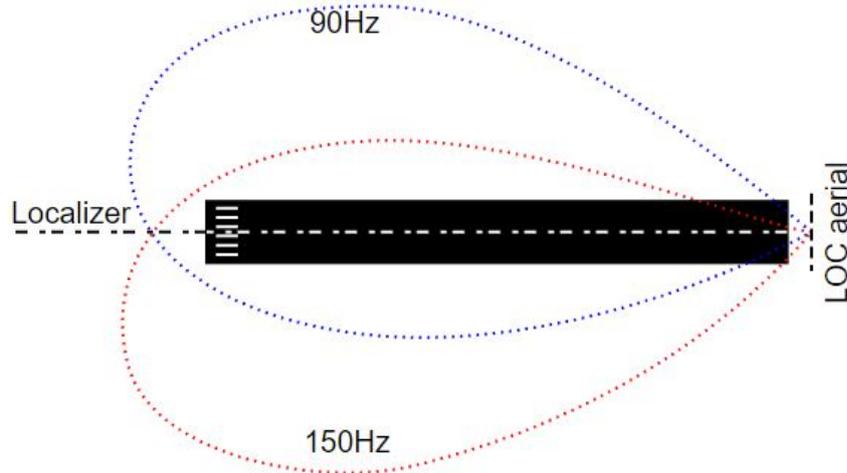


Figura 6 – Lóbulos Esquerdo e Direito do LOC

direita do eixo. Por exemplo, caso o sinal de 90 Hz esteja mais forte, isso significa que o avião está à esquerda da pista.

As antenas e a instrumentação interna do avião são capazes de passar isso aos pilotos de maneira a corrigir o curso, ou seja, se é necessário virar para a esquerda ou para a direita para interceptar o eixo. São essas indicações, para o piloto ou para o piloto automático, que permitem as correções devidas ao longo da aproximação, até que o alinhamento seja satisfatório.

O alcance e a abrangência do LOC são, obviamente, limitados. Um primeiro arco de raio de 10 milhas náuticas, a partir da cabeceira oposta de pouso, possui uma abertura de 35° . Já um segundo arco, de raio de 18 milhas náuticas, possui uma abertura de 10° . A partir dessas distâncias e distribuição espacial, a aproximação via ILS é desenvolvida, para que a torre de controle coloque os aviões no limite de alcance das antenas, provendo, assim, distância e tempo suficientes para que as devidas correções de curso sejam efetuadas pela aeronave para conseguir se alinhar de maneira satisfatória. É importante pensar que, para aviões de passageiros de grande porte, que possuem maior estabilidade, a correção de curso pode não ser tão rápida de se realizar, enquanto que a velocidade de aproximação não é pequena, o que exige uma distância razoável para o alcance das antenas do LOC. É pensando nisso que esses limites (Figura 8) foram estabelecidos.

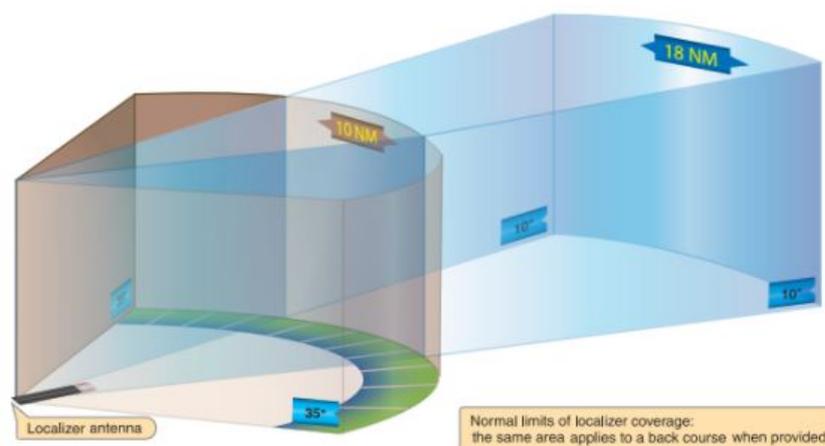


Figura 7 – Limitações Espaciais do LOC

1.2.2 Glide Slope

O *Glide Slope* (ou GS) é o responsável por guiar o avião para subir ou descer, fazendo com que ele execute uma descida controlada a uma taxa constante, levando a aeronave ao *touchdown* no início da pista (*Aiming Point*). Por isso, ele atua em um plano vertical.

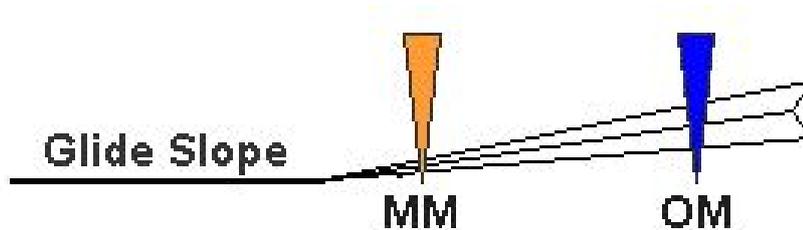


Figura 8 – Representação Simplificada do Glide Slope e com Marcadores

O GS opera com ondas de rádio em UHF (*Ultra High Frequency*), mais precisamente entre 329.15 MHz e 335 MHz, também variando de 0.05 MHz, como o LOC, mas nesse caso não há apenas valores decimais ímpares.

A maneira como a guiagem é feita é análoga ao LOC: há dois lóbulos diferentemente modulados em amplitude, um de 90 Hz e um de 150 Hz. O primeiro é o lóbulo superior, e o segundo o lóbulo inferior. Dessa forma, a sobreposição equidistante desses dois lóbulos indica a rampa perfeita de descida.

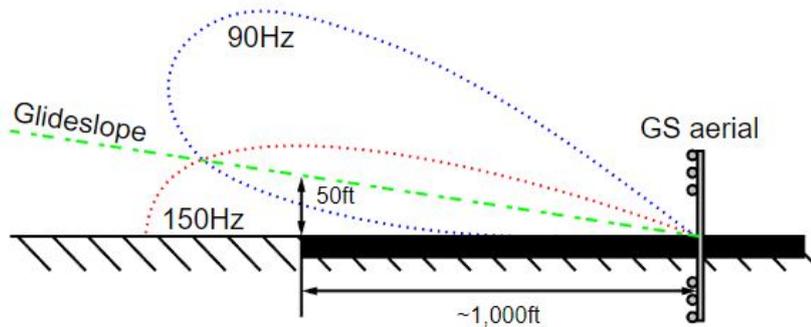


Figura 9 – Lóbulos Superior e Inferior do GS

A ideia da sobreposição também é a mesma: quando o avião se encontra na rampa ideal de descida, que em geral faz um ângulo entre 2.5° e 3.5° com o solo, a intensidade dos dois sinais é igual. Quando um dos sinais está mais fraco, o sistema aponta que o avião deve descer ou subir para encontrar a rampa ideal novamente. Por exemplo, caso o sinal de 150 Hz esteja mais forte, o avião está muito baixo e pode se acidentiar atingindo o chão antes do início da pista; logo, ele precisa subir ou pelo menos continuar sem descer por alguns instantes para interceptar a rampa. A imagem a seguir reflete um pouco desse mecanismo.

É importante destacar que o alcance do GS não é da mesma magnitude do LOC. Sua abrangência espacial, ou a espessura do *glide path*, é de 1.4° . Na Figura 9 acima, isso está representado pelos dois feixes saindo da ponta da pista, um superior e outro inferior, com uma linha no meio, que divide o 1.4° nos dois feixes de 0.7° . Além disso, geralmente o alcance desses feixes é de 10 milhas náuticas. Na prática, isso significa que o controle

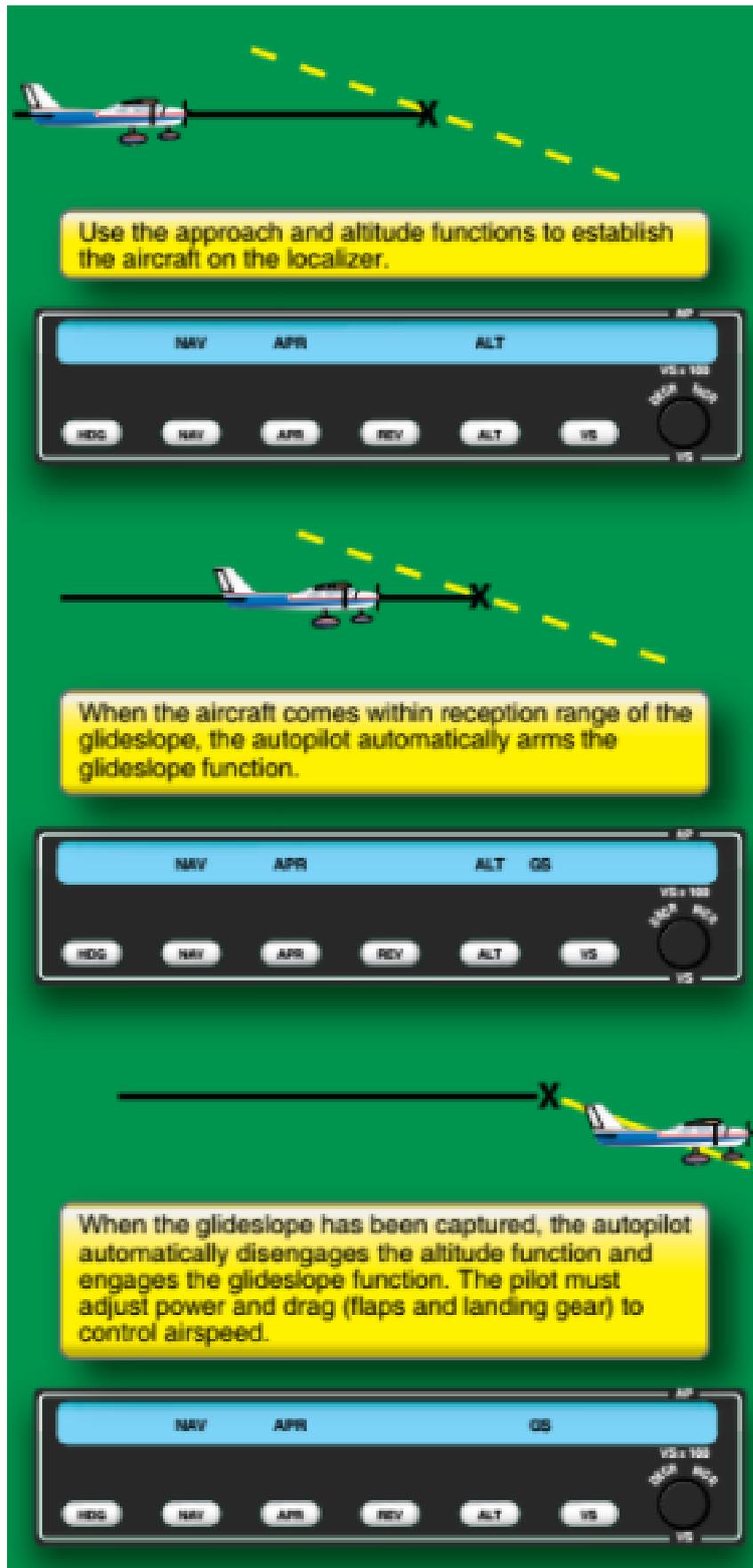


Figura 10 – Intercepção do GS

de tráfego aéreo coloca o avião a uma certa altitude de interceptação, geralmente 2 mil pés acima do nível do solo. Nessa altitude, o avião já pode começar a interceptar o LOC, começando seu alinhamento com a pista. Em um determinado momento, o avião também intercepta o GS e inicia a descida, o que configura a aproximação final, quando o avião já deve estar com sua configuração final de pouso, com flaps completamente estendidos, trem de pouso abaixado e travado, luzes de pouso configuradas e demais ajustes.

Outra diferença interessante é que, enquanto o GS emite sinais apenas para uma direção, o LOC emite tanto para a direção desejada de pouso quanto para a direção oposta, o que é chamado de *back course* (enquanto a direção de pouso é chamada de *front course*) e é pouco utilizado, uma vez que, caso uma pista possua GS apenas em uma das cabeceiras, seguir o *back course* não forneceria a rampa ideal de descida. Além disso, para a direção oposta, as instruções e deflexões indicadas pelos instrumentos se invertem, podendo causar confusão para os pilotos.

Por causa de todas essas configurações e limites, fica claro observar que a operação do ILS requer certas condições de terreno que favoreçam a irradiação e interceptação dos sinais. Por exemplo, para um aeroporto localizado em uma região montanhosa, cuja cabeceira fica próxima a elevações de terreno, a operação do ILS fica muitas vezes inviável, pois não há uma distância aberta suficiente para uma operação segura. Em alguns casos, é possível aumentar a angulação do GS para 5.5° , ou mudar a posição das instalações em terra.

Como observação final desta seção, pode-se comentar que o ILS possui 3 planos de importância em seu funcionamento: um plano horizontal paralelo e rente ao solo; um plano vertical, que representa o eixo central da pista; e um plano inclinado em relação ao solo, que representa a rampa ideal de descida. O cruzamento entre esses dois últimos planos é exatamente o caminho que o avião deve percorrer para um pouso por instrumentos bem sucedido. A imagem a seguir ilustra tais planos.

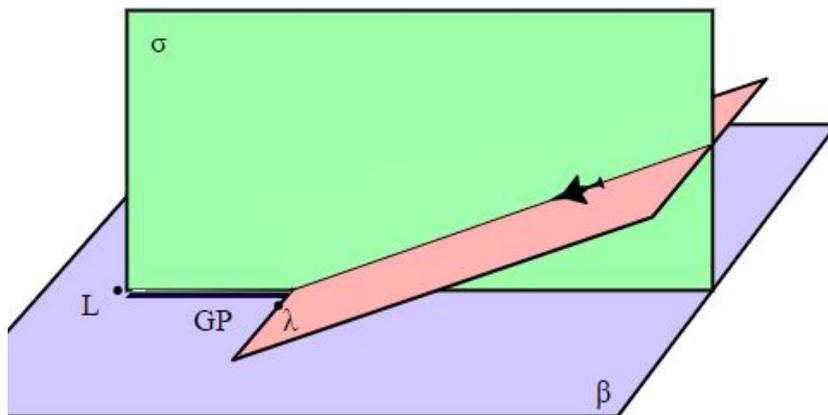


Figura 11 – Planos do ILS

1.3 Componentes

1.3.1 Localizer

Uma antena de LOC típica é mostrada a seguir.



Figura 12 – Exemplo de Antena do LOC

Ela fica geralmente a uma distância de 1000 pés atrás da cabeceira e possui uma largura parecida com a da pista, além de ficar centralizada. Como já ressaltado, a antena do LOC é instalada na cabeceira oposta à qual se deseja guiar o pouso.

1.3.2 Glide Slope

A seguir, na Figura 14, uma antena típica de GS.



Figura 13 – Exemplo de Antena do GS

No caso dessa antena, ela fica nas imediações de onde o pouso vai ocorrer, entre 750 e 1250 pés para dentro da pista a partir da cabeceira, deslocada de 250 a 600 pés lateralmente em relação ao eixo da pista. Além disso, como qualquer elemento nas proximidades de um aeroporto não pode ser muito alto, tal antena deve possuir algo em torno de 55 pés de altura.

1.3.3 Marker Beacons

Os *Marker Beacons* são antenas posicionadas estrategicamente para servirem de verificação aos pilotos durante o procedimento de ILS. Usualmente, existem duas: *Outer* (OM) e *Middle* (MM), ou seja, Marcador Externo e Marcador Médio. Para uma determinada categoria de ILS, existe também o *Inner* (IM), Marcador Interno. Todas essas antenas emitem sinais em VHF a 75 MHz, verticalmente, de maneira que, quando o avião passa sobre a antena, uma indicação luminosa acende no cockpit para os pilotos.

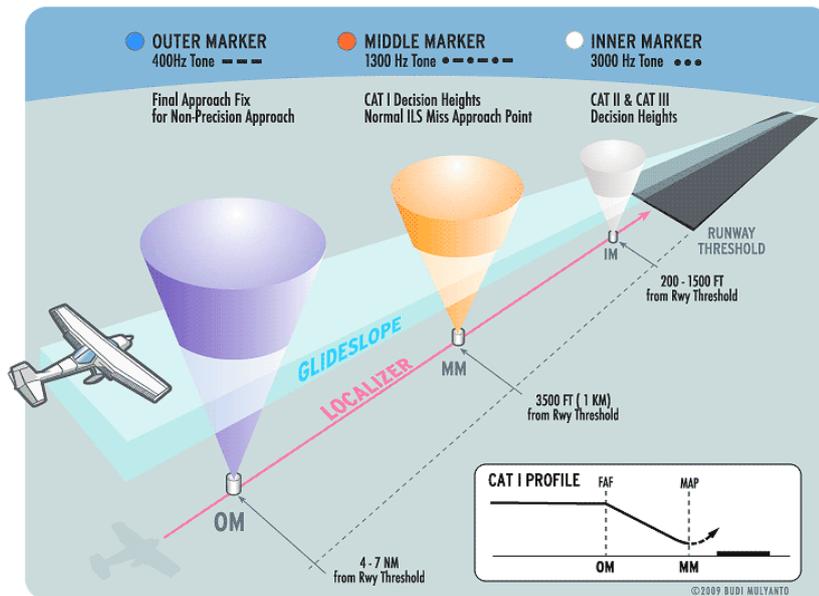


Figura 14 – Marcadores do Procedimento ILS

A Figura 15 aborda como é a disposição desses marcadores. Claramente, o Externo é o mais distante da cabeceira, a uma distância de 4 a 7 milhas náuticas e possui uma modulação de 400 Hz, com indicação luminosa azul no cockpit (Figura 19) e sinais sonoros longos e seguidos. O Médio está a uma distância de 3500 pés da cabeceira, com modulação de 1300 Hz, indicação luminosa âmbar e sinais sonoros curtos intercalados com longos. Já o Interno está entre 200 e 1500 pés da cabeceira, possui modulação de 3000 Hz, sinal luminoso branco e sinais sonoros curtos e seguidos.

O *Back Course*, já citado anteriormente, também possui um marcador, com características idênticas ao marcador interno, mas na proa contrária.

1.3.4 Compass Locator

Compass Locators são antenas (NDB's) de baixa potência que podem estar presentes também na infraestrutura de ILS do aeroporto, localizadas junto ao OM e/ou ao MM. Seus sinais são identificados pelo ADF (*Automatic Direction Finder*), instrumento instalado na aeronave que identifica de onde vem o sinal de um NDB e aponta sua direção ao piloto.

1.4 Instrumentos de Indicação

1.4.1 Aviônica Analógica

Como já muito ressaltado nesse documento, uma das premissas do ILS é que o piloto tenha todas as informações necessárias para o pouso diante de si, no painel em sua frente dentro do cockpit. Para a aviônica analógica, o instrumento básico a serviço do piloto é parecido com o seguinte:



Figura 15 – Instrumento Analógico Básico para ILS

O círculo central indica o avião. O pontilhado vertical indica o alinhamento com a pista e o horizontal, a rampa ideal de descida. Os traços contínuos são justamente os responsáveis por dizer se o avião deve virar à direita/à esquerda e/ou descer/subir. Por exemplo, da maneira como a Figura 16 está, a pista está à esquerda da aeronave, que precisa portanto virar à esquerda, além de que ela também está abaixo da rampa ideal, sendo necessário que suba ou pelo menos pare de descer por alguns instantes até interceptar o GS novamente.

A Figura 17 ilustra as cinco possíveis indicações que tal instrumento pode mostrar. A do meio, central, é a ideal: o avião está alinhado com a pista e descendo a uma taxa que o fará pousar na cabeceira da pista. No primeiro quadrante, temos um avião que precisa descer e virar à esquerda; no segundo, descer e virar à direita; no terceiro, subir e virar à direita; e, no quarto, subir e virar à esquerda. É simples: apenas seguir o traço. Esse instrumento pode ser unicamente dedicado ao ILS, pode também servir para o VOR ou também pode estar presente de maneira acoplada ao HSI (*Horizontal Situation Indicator*).

Além disso, o painel também possui as luzes indicadoras de passagem sobre os

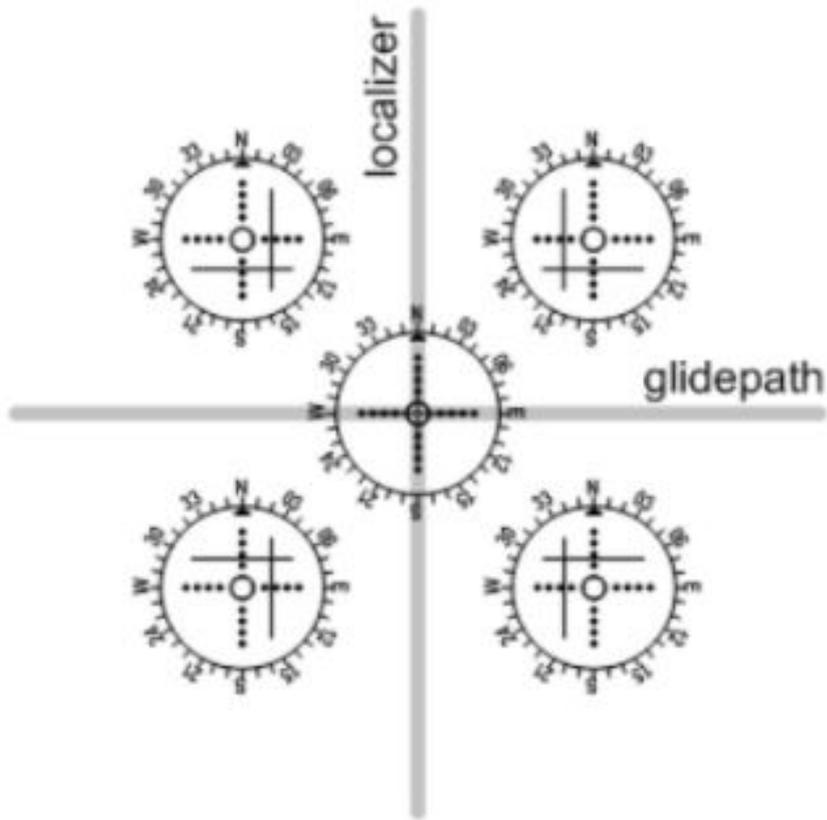


Figura 16 – Cinco Possibilidades de Indicação durante Procedimento ILS



Figura 17 – Indicador de ILS, VOR e HSI

marcadores externo, médio e interno, como falado na seção anterior. A disposição dessas luzes é geralmente como na Figura 19.



Figura 18 – Indicações Luminosas dos Marcadores

Para finalizar, as imagens a seguir relacionam a posição do avião com o que os pilotos vêem no instrumento.

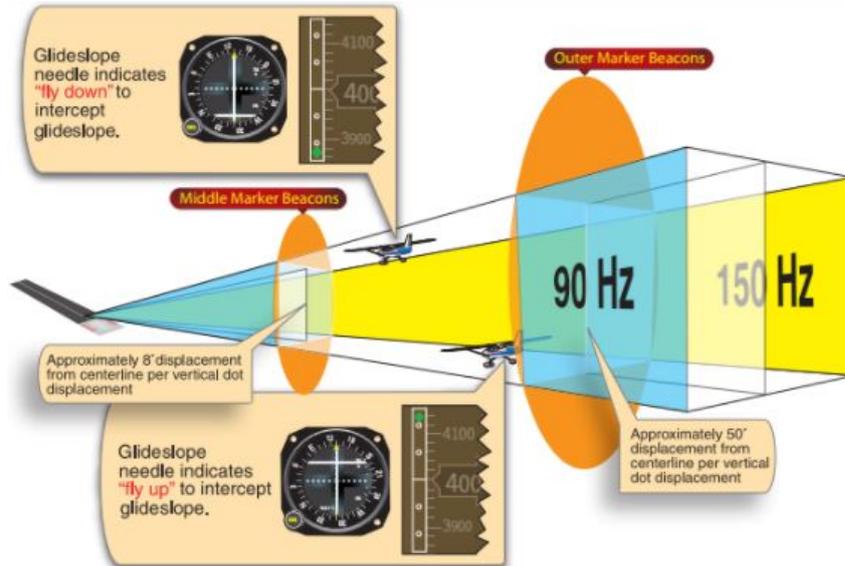


Figura 19 – Indicações durante Intercepção de GS

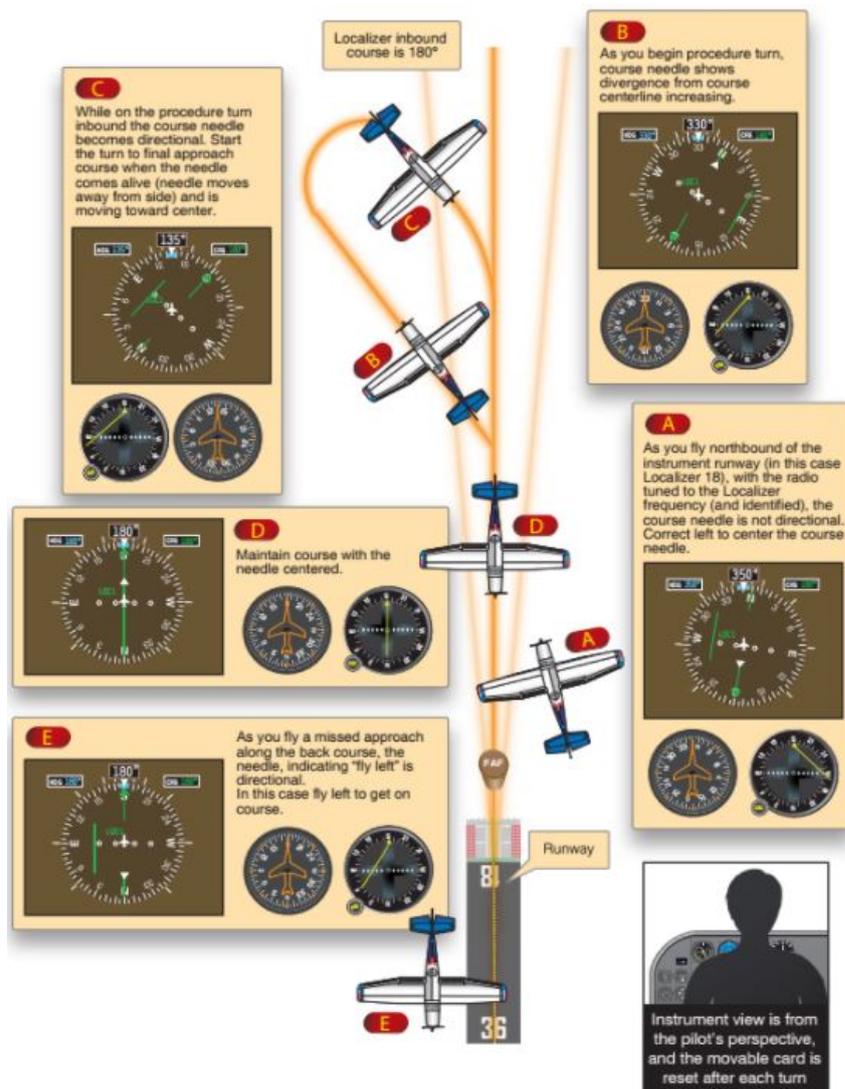


Figura 20 – Indicações durante Intercepção de LOC

1.4.2 Aviãoica Digital

Nos aviões mais modernos, geralmente todos esses instrumentos estão condensados no PFD ou *Primary Flight Display*, um *display* digital que reúne também muitas outras informações. A ideia é fazer com que o piloto não precise ficar procurando vários instrumentos, principalmente na hora do pouso, em que cada segundo é importante e pode significar a diferença entre um pouso bem ou mal sucedido.

A aparência geral do PFD pode ser vista na Figura 22, assim como algumas das informações referentes ao procedimento ILS.



Figura 21 – PFD com Informações de ILS

A parte central da seta verde inserida na bússola na parte de baixo da figura é o indicador do LOC. Como pode-se perceber, essa parte central está destacada do restante da seta, e pode ir tanto para a esquerda quanto para a direita, assim como os traços da instrumentação analógica.

Já o pequeno losango verde ao lado do indicador de altitude, na parte direita da imagem, é o indicador do GS. Esse losango pode-se deslocar para cima ou para baixo, de maneira análoga aos traços dos instrumentos analógicos.

A sinalização luminosa também fica no PFD e também é um pouco diferente, como pode ser visto a seguir.

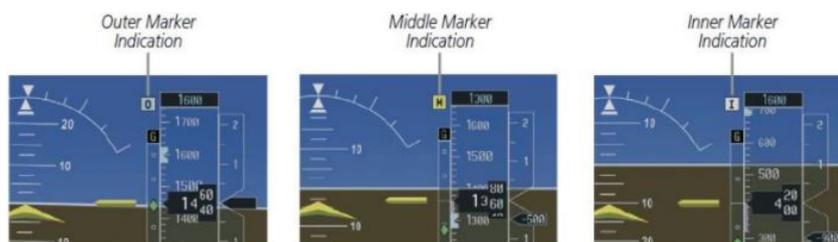


Figura 22 – Sinalizações Luminosas no PFD

1.5 Indicação em Cartas de Aproximação

Nem todos os aeroportos possuem procedimento ILS, tanto por razões já indicadas (como terreno acidentado nas proximidades da pista) quanto por outras razões, como questões financeiras, já que a aquisição e instalação da instrumentação não é barata. Para saber se tal procedimento existe em determinado aeroporto ou determinada pista, o piloto deve consultar as cartas aéreas, mais especificamente as de aproximação.

Nesses documentos, o ILS e seus componentes possuem indicações específicas, que podem ser vistas a seguir, assim como um exemplo de carta de aproximação.



Figura 23 – Representação de Aproximação ILS



Figura 24 – Representação de Aproximação ILS Back Course

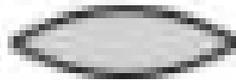


Figura 25 – Representação de Marcador

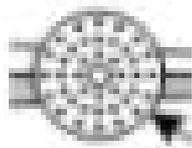


Figura 26 – Representação de Compass Locator (NDB)

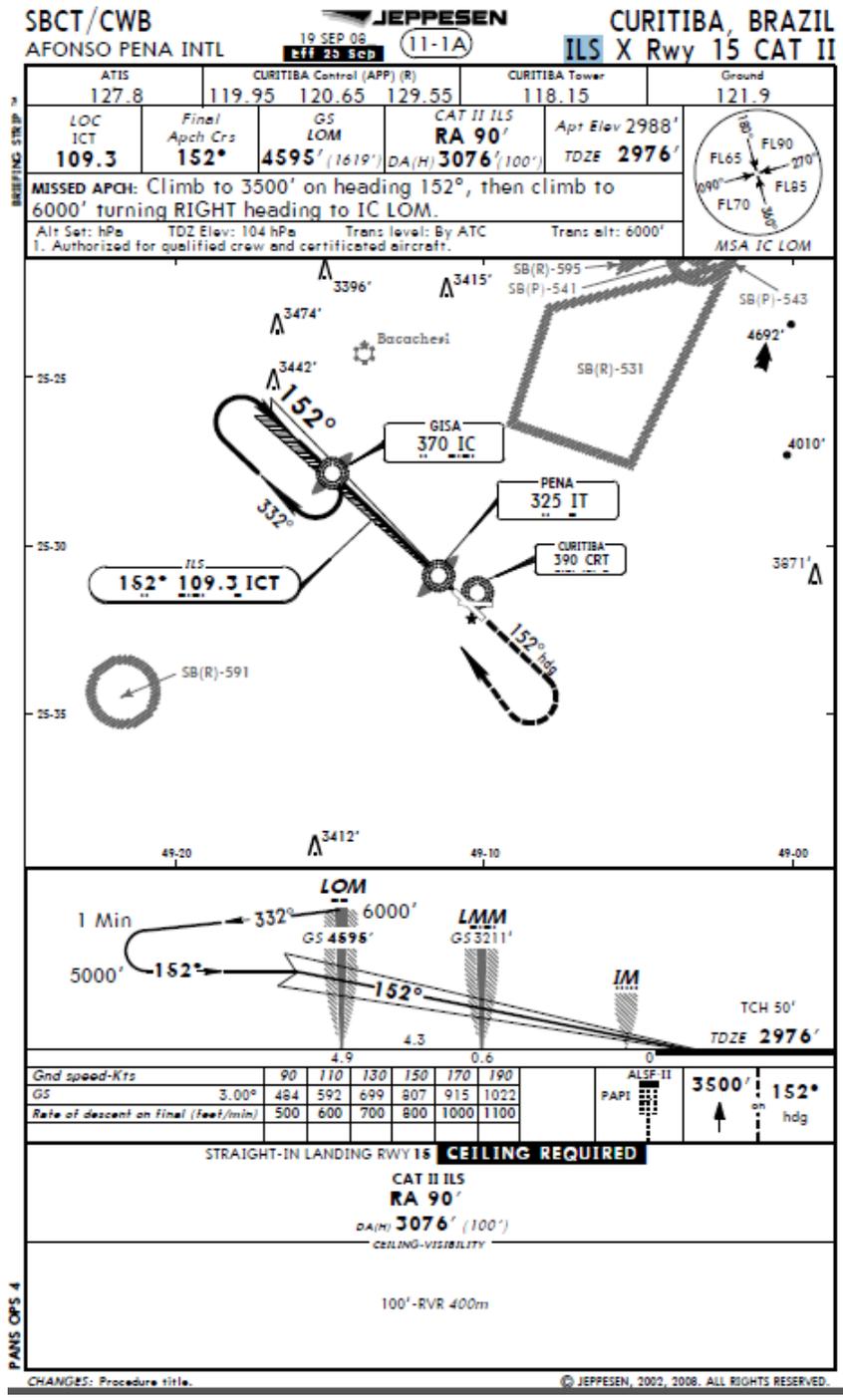


Figura 27 – Exemplo de Carta de Aproximação

1.6 Tipos de Aproximação ILS

Como foi abordado na seção sobre a história do ILS, inicialmente ele era um procedimento que, apesar do nome, era um auxílio apenas à aproximação para a pista, e não para o pouso em si. Assim, quando o avião estivesse a 200 pés do solo, o piloto deveria impreterivelmente assumir o controle e pousar por si só a aeronave, desde que houvesse condições suficientes para isso. Como também já foi ressaltado, o ILS é uma ótima ferramenta para situações climáticas adversas e, por vezes, a 200 pés do solo, ainda não é possível ter contato visual com a pista, o que inviabiliza o pouso.

Com o passar do tempo, a tecnologia foi naturalmente avançando e sendo capaz de fazer o avião chegar cada vez mais perto da cabeceira. Por causa do surgimento desses novos tipos de ILS, convencionou-se classificá-los em diferentes categorias, ou CAT's. Há três principais tipos: CAT I, CAT II e CAT III.

O que diferencia essencialmente as categorias são dois fatores: a *Decision Height*, ou altura de decisão, que é quando o piloto deve assumir o controle e pousar o avião; e a *Runway Visual Range*, ou RVR, que é quando o piloto estabelece contato visual com a pista. A tabela a seguir explicita os diferentes valores entre as categorias.

Categoria	Altura de Decisão	RVR*
CAT I	200 ft	1800 ft
CAT II	100 a 200 ft	1200 ft
CAT IIIa	50 a 100 ft	700 ft
CAT IIIb	Menos de 50 ft	150 ft
CAT IIIc	zero	zero

Figura 28 – Tipos de ILS e suas Diferenças

É importante lembrar que uma outra diferença entre as categorias é que a CAT I não conta com Marcador Interno, apenas Externo e Médio, enquanto as outras possuem os três.

Quanto ao CAT III, pode-se observar que ele possui três subcategorias, sendo a categoria "c" a única dentre todas que possibilita o pouso 100% automático, em condições de nenhuma visibilidade. Contudo, destaca-se que essa categoria ainda está em desenvolvimento e em certificação, portanto ainda não é utilizada em nenhum aeroporto no mundo. Quando tal categoria estiver disponível em aeroportos, começará a era na aviação comercial na qual os aviões serão capazes de realizar todo o procedimento de pouso sem a intervenção humana, uma vez que o piloto automático já atua em procedimentos ILS das outras categorias. Assim, a missão dos pilotos será apenas a de acompanhar e monitorar o processo, caso seja necessária alguma intervenção.

1.7 Sistemas de Sinalização Luminosa para Aproximação

O procedimento ILS é claramente dividido em dois estágios: o estágio de aproximação puramente por instrumentos, no qual toda a guiagem do avião é feita baseada em sinais de rádio, e o estágio de aproximação visual, no qual o contato visual com a pista se faz necessário para garantir a segurança da operação.

O momento mais crítico de uma aproximação ILS, em especial quando as condições climáticas estão deterioradas, é aquele em que o piloto precisa decidir se realmente vai prosseguir a aproximação final e executar a aterrissagem ou se ele vai arremeter. Um apoio essencial nesse momento são os chamados sistemas de sinalização luminosa de auxílio à aproximação, do inglês *Approach Lighting Systems* ou ALS. Esses sistemas nada mais são do que um conjunto de luzes instaladas na área posterior à cabeceira, como uma maneira de indicar ao piloto de que a pista está próxima. As luzes utilizadas são fortes o suficiente para penetrar até mesmo uma camada densa de neblina e piscam segundo um padrão que segue a direção da pista de pouso. Mesmo que o piloto não consiga visualizar a pista

em si, é suficiente visualizar as luzes, permitindo que ele continue até o toque no asfalto. Elas fazem parte do sistema de iluminação noturno dos aeródromos e são ligadas todas as noites. Para o caso de condições climáticas ruins durante o dia, elas também são acionadas.

Existem diferentes tipos de padronização para esses sistemas, sendo que alguns deles são reconhecidos e recomendados pela *International Civil Aviation Organization*, ICAO. Apesar disso, alguns aeroportos utilizam ainda padrões diferentes. A Figura 30 mostra exemplos desses sistemas e a 31 mostra um deles em um aeroporto.

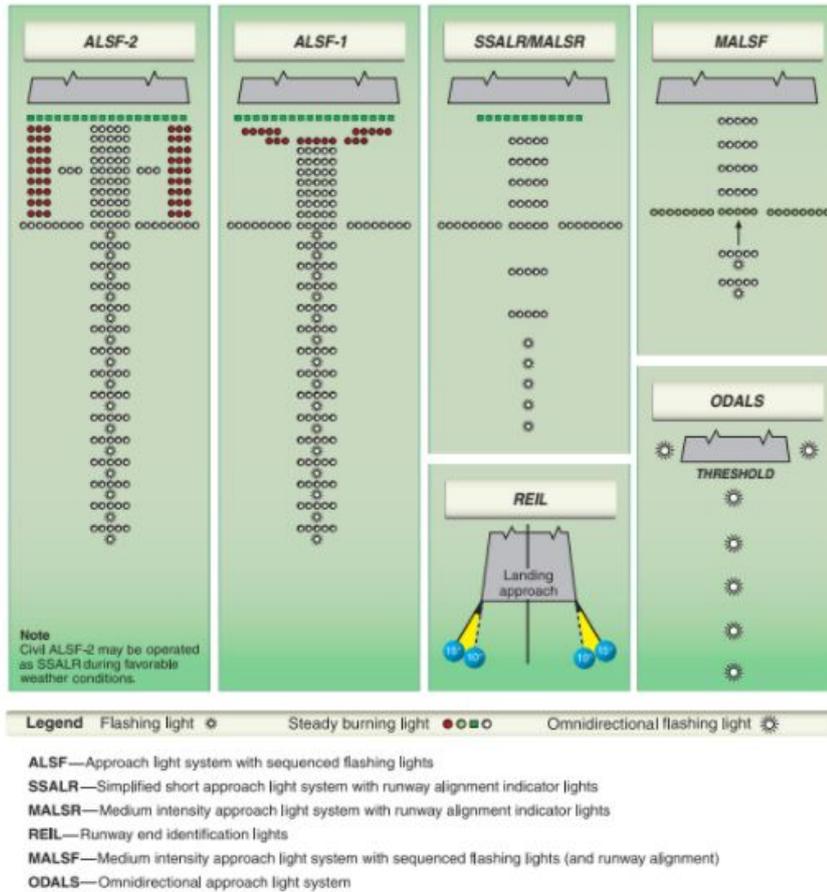


Figura 29 – Diferentes Padrões de ALS



Figura 30 – Sistema de Luzes em Aeroporto

Um dos tipos de ALS, o REIL (*Runway End Identifier Lights*), ou luzes de identificação do início (verde) e do fim (vermelho) da pista, consiste de algumas luzes colocadas bem no início/fim da pista, de maneira que, quando o piloto as visualiza, ele sabe que a partir daquele ponto, o asfalto da pista se inicia. Isso é extremamente importante para aproximações com baixa visibilidade, para que o piloto possa ter noção de onde começa a área de *touchdown*.

Outro sistema bastante utilizado nos aeroportos é um que tem ligação direta com o ILS: trata-se do PAPI (*Precision Approach Path Indicator*) ou VASI (*Visual Approach Slope Indicator*), conjunto de luzes colocadas nas laterais da pista e que visam fornecer o piloto uma noção visual e espacial de sua posição em relação à rampa de descida do GS. Isto é, o padrão das luzes se organiza de tal forma que pode indicar ao piloto que ele está na rampa, que ele está mais alto ou que ele está mais baixo. Esse sistema pode se utilizar de apenas 2 luzes, mas também existem tipos com 4, 6, 12 ou 16 luzes. Contudo, há uma característica que não pode mudar: o padrão de cores, que conta com branco e vermelho. Quanto mais luzes vermelhas, mais baixo o avião está. Quanto mais luzes brancas, mais alto o avião está. Quando se está na rampa, o número de luzes brancas e vermelhas é igual. Isso funciona pois cada luz projeta raios brancos para cima e raios vermelhos para baixo, fazendo com que, a depender do ângulo que se olha para elas, pode-se vê-las brancas ou vermelhas. Nota-se que esse sistema auxilia apenas na taxa de descida do avião, enquanto que ele não fornece informações com respeito ao alinhamento com a pista. Para isso, basta observar as luzes já descritas anteriormente. A imagem abaixo ajuda no entendimento, exemplificando sistemas com 2 e com 4 luzes.

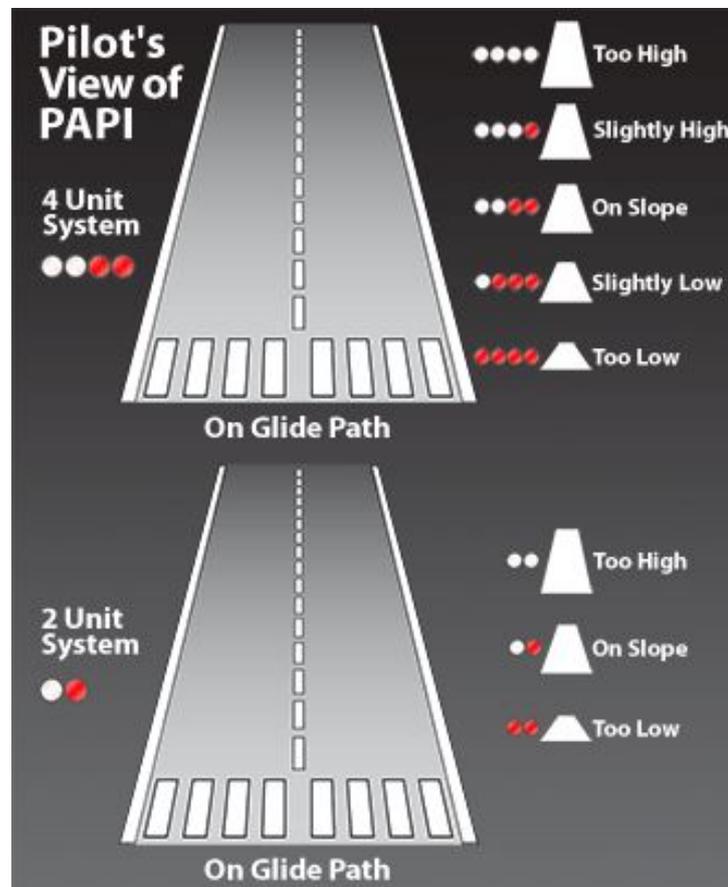


Figura 31 – Sistemas PAPI de 2 e 4 Luzes

Referências

1. *Advanced Avionics Handbook*: US Department of Transportation - Federal Aviation Administration, 2009.
2. *Instrument Flying Handbook*: US Department of Transportation - Federal Aviation Administration, 2012.
3. Mahafza, Bassem R. *Radar Signal Analysis and Processing Using Matlab*. Boca Raton, 2009.
4. McShea, Robert E. *Test and Evaluation of Aircraft Avionics and Weapon Systems*, 2nd Edition. Edison, 2014.
5. Moir, I. *Civil Avionics Systems*, 2nd Edition. Chichester, 2013.
6. Moir, I. *Military Avionics Systems*. Chichester, 2006.
7. Kayton, M. e Fried, W. *Avionics Navigation Systems*, 2nd Edition. Nova York, 1997.