



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0711662-4 A2**



(22) Data de Depósito: 07/06/2007  
(43) Data da Publicação: 16/11/2011  
(RPI 2132)

(51) *Int.Cl.:*  
B64D 45/04  
G05D 1/06  
G05D 1/06

(54) **Título:** MÉTODO DE ASSISTÊNCIA À ATERRISSAGEM PARA UMA AERONAVE E DISPOSITIVO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ASSISTÊNCIA À ATERRISSAGEM PARA UMA AERONAVE

(30) **Prioridade Unionista:** 12/06/2006 FR 0605157

(73) **Titular(es):** AIRBUS FRANCE

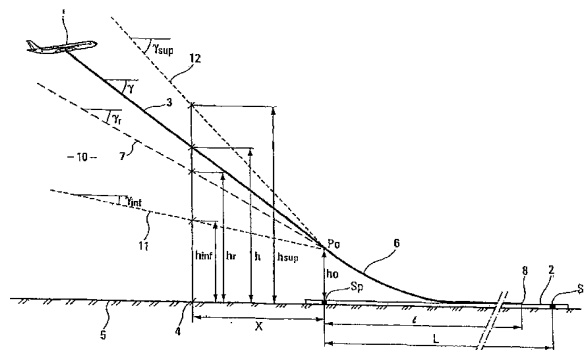
(72) **Inventor(es):** FLORIAN CONSTANS

(74) **Procurador(es):** ANTONIO MAURICIO PEDRAS ARNAUD

(86) **Pedido Internacional:** PCT FR2007000939 de 07/06/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/144484de 21/12/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO DE ASSISTÊNCIA À ATERRISSAGEM PARA UMA AERONAVE E DISPOSITIVO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ASSISTÊNCIA A ATERRISSAGEM PARA UMA AERONAVE. Método e dispositivo de assistência à aterrissagem de aeronave. Segundo a invenção, a partir das regras de procedimento de aterrissagem vinculadas à pista (2) determina-se um limiar inferior e um limiar superior de energia total aceitável para a aeronave (1) e compara-se a energia total atual da mesma com os mencionados limiares.





"MÉTODO DE ASSISTÊNCIA À ATERRISSAGEM PARA UMA AERONAVE E DISPOSITIVO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ASSISTÊNCIA À ATERRISSAGEM PARA UMA AERONAVE".

Campo da invenção

5 A invenção refere-se a um método e a um dispositivo de assistência à aterrissagem para uma aeronave.

Diz-se que, na fase de aproximação onde se deve conduzir a aterrissagem de uma aeronave sobre uma pista de aterrissagem, a pilotagem desta última é particularmente

10 delicada. Nessa fase de aproximação, o piloto dispõe de numerosas informações, dentre as quais algumas devem lhe permitir evitar um toque de cauda ou de asa com o solo, uma aterrissagem difícil ou ainda uma saída da pista.

Entre essas informações figuram principalmente a

15 velocidade da aeronave, a inclinação da aeronave e a altura da aeronave em relação ao solo, essas três informações sendo mostradas na cabine do piloto de modo que ele possa verificá-las facilmente. Ademais, a vista do ambiente fornece ao piloto uma percepção de seu plano

20 de aproximação.

O nível de energia total da aeronave, combinação de sua velocidade e de sua altura, é um parâmetro essencial para estimar o risco de saída da pista. Contudo, ela não pode ser sempre estimada pelo piloto. Ademais, o nível de

25 energia pode ser alterado pelo vento.

O objeto da presente invenção é, portanto, informar o piloto sobre o estado energético de sua aeronave em todo instante da fase de aproximação.

Para esse fim, segundo a invenção, o método de

30 assistência à aterrissagem de uma aeronave em fase de aproximação, se encontrando a uma altura  $h$  e descendo para uma pista de aterrissagem em seguida, com uma velocidade de aproximação atual  $V$ , uma trajetória de aproximação atual formando com a mencionada pista de

35 aterrissagem um ângulo de aproximação atual  $\gamma$  devendo ser idealmente próximos, respectivamente, de uma velocidade de aproximação de referência constante  $V_r$  e de um ângulo

de aproximação de referência constante  $\gamma_r$  associados à mencionada pista de aterrissagem, é notável pelo fato de:

- determinar de um lado e de outro da mencionada velocidade de aproximação de referência  $V_r$  uma gama de valores de velocidade de aproximação aptos para permitir uma parada completa da mencionada aeronave sobre a mencionada pista de aterrissagem no caso, onde o ângulo de aproximação atual  $\gamma$  é pelo menos aproximadamente igual ao mencionado ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ , a mencionada gama de valores de velocidade de aproximação sendo delimitada por um valor limite inferior  $V_{inf}$  e por um valor limite superior  $V_{sup}$ ;
- pré-determinar, de um lado e do outro lado do mencionado ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ , uma gama de valores de ângulo de aproximação aptos para permitir uma parada completa da mencionada aeronave sobre a mencionada pista de aterrissagem no caso onde a velocidade de aproximação atual  $V$  é pelo menos aproximadamente igual à velocidade de aproximação de referência  $V_r$ , a mencionada gama de valores de ângulo de aproximação sendo delimitada por um valor limite inferior  $\gamma_{inf}$  e por um valor limite superior  $\gamma_{sup}$ ;
- calcular:
  - . um limiar inferior de energia total  $E_{inf}$ , correspondendo à situação para a qual a velocidade de aproximação atual  $V$  e o ângulo de aproximação atual  $\gamma$  são respectivamente iguais ao mencionado valor de limite inferior  $V_{inf}$  e ao mencionado valor de limite inferior  $\gamma_{inf}$ ,
  - . um limiar superior de energia  $E_{sup}$ , correspondendo à situação para a qual a velocidade de aproximação atual  $V$  e o ângulo de aproximação atual  $\gamma$  são respectivamente iguais ao mencionado valor de limite superior  $V_{sup}$  e ao mencionado valor de limite superior  $\gamma_{sup}$ , e
  - . a energia total atual  $E$  da mencionada aeronave; e
- continuar à comparação da mencionada energia total atual  $E$  com os mencionados limiares, inferior  $E_{inf}$  e

superior  $E_{sup}$ , da energia total para obter uma indicação sobre a possibilidade teórica de a mencionada aeronave parar sobre a mencionada pista de aterrissagem.

5 A presente invenção aproveita o fato de que a cada pista de aterrissagem é associada um conjunto de regras de procedimento, incluindo aquelas concernentes à aterrissagem recomendando (ou impondo) uma velocidade de aproximação de referência e um ângulo de aproximação de referência. Ademais, a presente invenção constata que, no  
10 transporte aéreo civil, a pilotagem de aeronaves respeita, tanto quanto possível, essas regras de procedimento de aterrissagem.

Assim, segundo a presente invenção, o mencionado limiar inferior de energia total, o qual considera a velocidade  
15 de aproximação e a inclinação de aproximação, mais fracas possíveis, representa um nível de energia mínimo para que a aeronave possa ter sucesso em uma aterrissagem correta. Ao contrário, para esta última finalidade, o mencionado limiar superior de energia total, o qual leva em  
20 consideração a velocidade de aproximação e a inclinação de aproximação, mais fortes possíveis, constitui um nível teto de energia. Acima do nível mínimo de energia total, a aeronave apresenta um déficit de energia total que o piloto deverá procurar preencher através da ação sobre os  
25 motores e/ou os governos de profundidade. Por outro lado, acima de esse nível teto de energia total, a energia total da aeronave é excedente e o piloto deverá procurar dissipá-la com ajuda dos motores, os governos de profundidade, os freios aerodinâmicos, etc...

30 Naturalmente, a comparação, da energia total atual  $E$  com os mencionados limiares, inferior  $E_{inf}$  e superior  $E_{sup}$ , permite somente determinar a possibilidade de que a aeronave pare ou não: a parada efetiva da aeronave sobre a pista (com ou sem saída da pista) depende de outros  
35 parâmetros usuais, tais como o estado da pista (chuva, geada,...), o estado dos pneumáticos do trem de aterrissagem, etc..

A comparação entre a energia total atual E da aeronave, de uma parte, e os mencionados limiares inferior E<sub>inf</sub> e superior E<sub>sup</sub> de energia total pode ser realizada de numerosas formas diferentes.

- 5 Por exemplo, pode-se formar o índice I<sub>1</sub> seguinte:

$$I_1 = \frac{E - E_{inf}}{E_{sup} - E_{inf}}$$

Índice que deve estar compreendido entre 0 e 1 para corresponder a um nível de energia aceitável em vista de uma aproximação e de uma aterrissagem corretas.

Como variante, pode-se:

- 10 - calcular uma energia total de referência E<sub>r</sub> correspondendo à situação para a qual a velocidade de aproximação e o ângulo de aproximação são respectivamente iguais à velocidade de aproximação de referência V<sub>r</sub> e ao ângulo de aproximação de referência γ<sub>r</sub>; e
- 15 - continuar à comparação entre a mencionada energia total atual E e a mencionada energia total de referência E<sub>r</sub>, o resultado de essa comparação sendo ele mesmo comparado a pelo menos um dos mencionados limiares inferior E<sub>inf</sub> e superior E<sub>sup</sub>.
- 20 Nesse caso:
- se E é superior a E<sub>r</sub>, pode-se comparar E-E<sub>r</sub> a E<sub>sup</sub>-E<sub>r</sub>;
  - e
  - se E é inferior a E<sub>r</sub>, pode-se comparar E-E<sub>r</sub> a E<sub>inf</sub>-E<sub>r</sub>.
- Os mencionados valores limites inferior V<sub>inf</sub> e superior V<sub>sup</sub> de velocidade de aproximação são, de preferência, pelo menos aproximadamente iguais à mencionada velocidade de aproximação de referência V<sub>r</sub>, respectivamente
- 25 diminuída e aumentada de alguns kts. Por exemplo, o valor limite inferior V<sub>inf</sub> pode ser igual a V<sub>r</sub>-3kts, enquanto o
- 30 valor limite superior V<sub>sup</sub> pode ser igual a V<sub>r</sub>+10kts.
- De forma semelhante, os mencionados valores limites, inferior γ<sub>inf</sub> e superior γ<sub>sup</sub>, do ângulo de aproximação são, vantajosamente, pelo menos aproximadamente iguais ao mencionado ângulo de aproximação de referência γ<sub>r</sub>,
- 35 respectivamente diminuídos ou aumentados de quaisquer

décimos de graus. Por exemplo, no caso usual onde o ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$  é próximo de  $3^\circ$ , os valores limites inferior e superior podem ser iguais a  $\gamma_r - 0,3^\circ$ . Naturalmente, os intervalos de ângulo são  
5 escolhidos de acordo com as gamas autorizadas para a pista de aterrissagem correspondente.

O resultado da mencionada comparação, que é representativo do fato de o nível de energia total da aeronave ser correto, excedente ou deficitário, pode ser  
10 trazido ao conhecimento do piloto por todo meio conhecido, tal como alarmes ou alertas sonoras ou visuais, visualização, etc. Dessa forma, eventualmente, o piloto pode tentar, com conhecimento de causa, corrigir um nível de energia incorreto ou mesmo efetuar uma  
15 manobra de circulação ("go around"). Para esse efeito, é importante que resultado da comparação seja visualizado na proximidade do piloto, especificamente sobre uma tela de pilotagem usual freqüentemente observada por este último, tal como uma tela PFD.

20 Notar-se-á que a variação de energia total de uma aeronave é relativamente lenta, de modo que pode ser vantajoso fornecer ao piloto, em complementação, uma tendência mais rápida da situação de sua aeronave. Pode-se assim prever associar ao mencionado resultado da  
25 mencionada comparação da energia total uma informação de predição de parada completa da aeronave sobre a mencionada pista de aterrissagem, por exemplo, tal como aquela gerada pela aplicação do método descrito na demanda de patente francesa número 06 01395 registrada no  
30 dia 17 de fevereiro de 2006.

Para a aplicação do método conforme a presente invenção pode-se utilizar um dispositivo compreendendo:

- os meios de cálculo:

. Recebendo pelo menos as informações referentes à massa  
35 atual  $m$ , à altura atual  $h$ , à velocidade de aproximação atual  $V$  e ao ângulo de aproximação atual  $\gamma$  da aeronave, assim como o valor limite inferior da velocidade  $V_{inf}$ , o

valor limite superior de velocidade  $V_{sup}$ , o valor limite inferior do ângulo de aproximação  $\gamma_{inf}$  e o valor limite superior do ângulo de aproximação  $\gamma_{sup}$  e, eventualmente, a velocidade de aproximação de referência  $V_r$  e o ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ ; e

- 5 . calculando pelo menos um índice cujo valor é representativo do fato de o nível da mencionada energia total atual  $E$  da aeronave ser correto, excedente ou deficitária; e
- 10 - os meios de comparação para comparar o mencionado índice a pelo menos um valor de limiar correspondendo a uma transição entre um nível de energia total correto e um nível de energia total excedente ou deficitário, os mencionados meios de comparação estando aptos para
- 15 acionar pelo menos um dispositivo de alerta ou de alarme, pelo menos no caso onde o mencionado nível de energia total atual  $E$  da aeronave é excedente ou deficitário.

#### Descrição das figuras

As figuras do desenho anexado farão com que se compreenda bem como a invenção pode ser concretizada. Em as Figuras, as referencias idênticas identificam os elementos semelhantes.

A Figura 1 é um esquema ilustrando o método conforme a presente invenção; e

25 A Figura 2 é um esquema sinóptico de um dispositivo para aplicação do método segundo a invenção.

#### Descrição da invenção

Na situação representada esquematicamente na Figura 1, um avião 1 está em fase de aproximação em vistas de

30 aterrissar sobre uma pista de aterrissagem 2, cujo comprimento útil  $L$  é delimitado entre um limiar próximo  $S_p$  e um limiar distante  $S_d$ . O avião 1 segue uma trajetória de aproximação atual 3, apresentando um ângulo de aproximação atual  $\gamma$ , descendente na direção da pista de aterrissagem 2 com uma velocidade de aproximação atual

35  $V$ . Quando o avião 1 se encontra à distância horizontal  $X$  do mencionado limiar próximo  $S_p$ , ou seja, na vertical do

ponto 4 do solo 5 distante de X do limiar próximo  $S_p$ , sua altura atual sobre a trajetória atual 3 é igual a  $h$ .

Segundo as regras do procedimento de aterrissagem ligadas à pista de aterrissagem 2, para otimizar as chances de uma aterrissagem correta, a trajetória de aproximação atual 3 do avião 1 deve passar por um ponto de referência  $P_o$  se encontrando na altura regulamentar  $h_o$  acima do limiar próximo  $S_p$  e correspondendo ao início do arredondamento 6 a trajetória 3. Além disso, segundo essas regras de procedimento de aterrissagem, o avião 1 deveria idealmente se encontrar sobre uma trajetória de aproximação de referência 7, passando bem evidentemente pelo ponto de referência  $P_o$  e apresentando o ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ , a velocidade do mencionado avião na mencionada trajetória de aproximação 7 sendo igual a uma velocidade de aproximação de referência  $V_r$ . Em uma tal situação ideal, a aeronave 1 estaria certa, exceto por circunstâncias imprevistas, de poder parar em um ponto 8 da pista 2, distante do limiar próximo  $S_p$  da pista 2 em uma distância  $l$  inferior ao comprimento útil  $L$  da mesma. Na vertical do mencionado ponto 4, a altura da mencionada trajetória de aproximação de referência 7 é designada por  $h_r$ .

Em conformidade com a presente invenção, a fim de poder predizer se a aeronave com sua velocidade de aproximação atual  $V$  e sua inclinação atual  $\gamma$  tem a possibilidade de parar completamente sobre a pista 2, começa-se por:

- pré-determinar (de uma forma não visível na Figura 1), de um lado e do outro da velocidade de aproximação de referência  $V_r$ , uma gama de valores de velocidade de aproximação aptos para permitir uma parada completa do avião 1 sobre a pista 2 no caso onde o ângulo de aproximação atual  $\gamma$  é pelo menos aproximadamente igual ao ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ , a mencionada gama de valores de velocidade de aproximação sendo delimitada por um valor limite inferior  $V_{inf}$  e por um valor limite superior  $V_{sup}$ ; e

- pré-determinar, de um lado e de outro do mencionado ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ , uma gama 10 de valores de ângulo de aproximação aptos para permitir uma parada completa do avião 1 sobre a pista 2 no caso onde a
- 5 velocidade de aproximação atual  $V$  é pelo menos aproximadamente igual à velocidade de aproximação de referência  $V_r$ , a mencionada gama 10 sendo delimitada por um valor inferior  $\gamma_{inf}$  correspondendo a uma trajetória limite inferior de aproximação 11 e por um valor limite
- 10 superior  $\gamma_{sup}$  correspondendo a uma trajetória limite superior de aproximação 12. Na vertical do mencionado ponto 4, as alturas das mencionadas trajetórias limites inferior e superior de aproximação 11 e 12 são respectivamente identificadas por  $h_{inf}$  e  $h_{sup}$ .
- 15 Após a pré-determinação dessas duas gamas de valores de velocidade de aproximação e de ângulo de aproximação, calcula-se:
- a energia total atual  $E$  do avião 1 sobre a trajetória de aproximação atual 3, a qual é igual a:

$$E = \frac{1}{2} m V^2 + mgh,$$

20 (1)

H sendo conhecida a bordo do avião 1 e  $m$  sendo a massa do mesmo e  $g$  a força de gravidade;

- um limiar inferior de energia total  $E_{inf}$ , correspondendo à situação para a qual a velocidade e o
- 25 ângulo de aproximação do avião 1 seriam respectivamente iguais ao valor limite inferior  $V_{inf}$  e ao valor limite inferior  $\gamma_{inf}$ , o mencionado limiar inferior sendo então igual a:

$$E_{inf} = \frac{1}{2} m V_{inf}^2 + mgh_{inf}, \text{ com } h_{inf} = h_0 + X \tan \gamma_{inf}$$

(2)

- 30  $\tan \gamma_{inf}$  sendo a tangente do valor limite inferior  $\gamma_{inf}$  do ângulo de aproximação e a distância  $X$  sendo igual a  $h/\tan \gamma$ ,  $\tan \gamma$  sendo a tangente do ângulo de aproximação

atual  $\gamma$ ; e

- um limiar superior de energia total  $E_{sup}$ , correspondendo à situação para a qual a velocidade e o ângulo de aproximação do avião 1 seriam respectivamente iguais ao valor limite superior  $V_{sup}$  e ao valor limite superior  $\gamma_{sup}$ , o mencionado limiar sendo então igual a:

$$E_{sup} = \frac{1}{2} m V_{sup}^2 + mgh_{sup}, \text{ com } h_{sup} = h_0 + X \tan \gamma_{sup}$$

(3)

$\tan \gamma_{sup}$  sendo a tangente do valor limite superior  $\gamma_{sup}$  do ângulo de aproximação.

- 10 Em seguida, compara-se a energia total atual  $E$  do avião 1 aos mencionados limiares inferior e superior de energia total  $E_{inf}$  e  $E_{sup}$ .

Para isso, pode-se formar um índice  $I_1$ , dado pela expressão:

$$I_1 = \frac{E - E_{inf}}{E_{sup} - E_{inf}}$$

(4)

15

sendo que:

- se  $I_1$  é superior a 1, a energia total atual  $E$  do avião 1 é muito elevada e o risco de saída longitudinal da pista é real;
- 20 - se  $I_1$  é inferior a 0, a energia total atual  $E$  do avião 1 é muito fraca e este último tem o risco de não poder pousar além do limiar próximo de pista SP; e
- pelo contrário, se  $I_1$  está compreendido entre 0 e 1, a energia total atual  $E$  do avião 1 corresponde a uma
- 25 aproximação bem executada, permitindo a parada do avião 1 sobre a pista 2.

- 30 Visando a comparação da energia total atual  $E$  com os mencionados limiares, inferior e superior, de energia total  $E_{inf}$  e  $E_{sup}$ , pode-se, como variante, passar pelo intermediário de uma energia total de referência  $E_r$  correspondendo à situação para a qual a velocidade de aproximação e o ângulo de aproximação do avião 1 são respectivamente iguais à velocidade de aproximação de

referência  $V_r$  e ao ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ . Essa energia total de referência é então igual a:

$$E_r = \frac{1}{2} m V_r^2 + mgh_r, \text{ com } hr = h_o + X \tan \gamma_r$$

(5)

tan  $\gamma_r$  sendo a tangente do ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ .

No caso onde  $E$  é superior a  $E_r$ , pode-se formar o índice:

$$I_2 = \frac{E - E_r}{E_{\text{sup}} - E_r}$$

(6)

O qual deve ficar inferior a 1 para corresponder a uma aproximação correta. Se  $I_1$  é superior a 1, o avião 1 apresenta um excedente de energia, o interditando de parar sobre a pista 2.

No caso onde a  $E$  é inferior a  $E_r$ , pode-se formar o índice:

$$I_3 = \frac{E - E_r}{E_{\text{inf}} - E_r}$$

(7)

Que deve ser superior a 1 para corresponder a uma aproximação correta do avião 1 sobre a pista 2. Se  $I_3$  é inferior a 1, a energia total do avião 1 não é suficiente para uma aproximação correta da pista 2.

Para efetuar os cálculos e comparações mencionadas acima, pode-se utilizar o dispositivo ilustrado na Figura 2. Esse dispositivo compreende um calculador 20 recebendo em suas entradas a altura regulamentar  $h_o$  do ponto de referência  $P_o$ , a massa  $m$ , a altura  $h$ , a velocidade de aproximação atual  $V$ , o ângulo de aproximação  $\gamma$ , o valor limite inferior de velocidade  $V_{\text{inf}}$ , o valor limite superior de velocidade  $V_{\text{sup}}$ , o valor limite inferior de ângulo de aproximação  $\gamma_{\text{inf}}$  e o valor limite superior de ângulo de aproximação  $\gamma_{\text{sup}}$ . O calculador 20 pode receber ademais em suas entradas a velocidade de aproximação de referência  $V_r$  e o ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ . Com ajuda das expressões (1), (2), (3) e (4), o

calculador 20 calcula respectivamente a energia total atual  $E$ , o limiar inferior de energia total  $E_{inf}$  e o limiar superior de energia total  $E_{sup}$ . Ele pode calcular ademais o índice  $I_1$ . Com ajuda das expressões (5), (6) e  
5 (7), o calculador 20 pode calcular a energia total de referência  $E_r$  e os índices  $I_2$  e  $I_3$ .

O calculador 20 transmite um índice  $I$ , representativo do índice  $I_1$  ou dos índices  $I_2$  e  $I_3$ , a um comparador 21 (que pode fazer parte integrante do mencionado calculador 20)  
10 apto para comparar o valor do mencionado índice  $I$  a pelo menos um limiar (igual a 0 ou a 1 como resulta do anterior) e para ativar as alarmas ou alertas visuais 22 e/ou sonoras 23 e/ou apto para visualizar as mensagens de alarma ou de alerta 24 nas telas 25, no caso onde o valor  
15 do índice  $I$  revela um excedente ou uma falta de energia não permitindo ao avião 1 efetuar uma aproximação e uma aterrissagem corretas.

Na Figura 3, tem-se representado como tela 25 uma tela PFD ("Primary Flight Display") sobre a qual é mostrada a  
20 mensagem 24 energia alta ("High Energy") informando o piloto que a energia de seu avião é excessiva para uma aterrissagem correta. Naturalmente, em caso de falta de energia, a mensagem 24 poderia ser, por exemplo, energia baixa ("Low energy").

REIVINDICAÇÕES

1. Método de assistência à aterrissagem para uma aeronave, em fase de aproximação a uma altura atual  $h$  e descendo na direção de uma pista de aterrissagem (2) em seguida, com uma velocidade de aproximação atual  $V$ , uma trajetória de aproximação atual (3), formando com a mencionada pista de aterrissagem (2), um ângulo de aproximação atual  $\gamma$ , a mencionada velocidade de aproximação atual  $V$  e o mencionado ângulo de aproximação  $\gamma$  serem, idealmente próximos, respectivamente, de uma velocidade de aproximação de referência constante  $V_r$  e de um ângulo de aproximação de referência constante  $\gamma_r$  associados à mencionada pista de aterrissagem (2), caracterizado pelo fato de:

- 15 - pré-determinar, de um lado e de outro da velocidade de aproximação de referência  $V_r$ , uma gama de valores de velocidade de aproximação aptos para permitir uma parada completa do avião (1) sobre a mencionada pista (2) no caso onde o ângulo de aproximação atual  $\gamma$  é pelo menos, aproximadamente, igual ao ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ , a mencionada gama de valores de velocidade de aproximação sendo delimitada por um valor limite inferior  $V_{inf}$  e por um valor limite superior  $V_{sup}$ ; e
- 20 - pré-determinar, de um lado e de outro do mencionado ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ , uma gama (10) de valores de ângulo de aproximação aptos para permitir uma parada completa do mencionado avião (1) sobre a mencionada pista (2) no caso onde a velocidade de aproximação atual  $V$  é pelo menos, aproximadamente, igual
- 30 à velocidade de aproximação de referência  $V_r$ , a mencionada gama (10) sendo delimitada por um valor inferior  $\gamma_{inf}$  e por um valor limite superior  $\gamma_{sup}$ ;
- calcular:

35 . um limiar inferior de energia total  $E_{inf}$ , correspondendo à situação para a qual a velocidade  $V$  e o ângulo de aproximação atual  $\gamma$  são respectivamente iguais ao mencionado valor limite inferior  $V_{inf}$  e ao valor

limite inferior  $\gamma_{\text{inf}}$ ;

. um limiar superior de energia total  $E_{\text{sup}}$ ,  
correspondendo à situação para a qual a velocidade  $V$  e o  
ângulo de aproximação  $\gamma$  são respectivamente iguais ao  
5 valor limite superior  $V_{\text{sup}}$  e ao valor limite superior  
 $\gamma_{\text{sup}}$ ; e

. a energia total atual  $E$  da mencionada aeronave;  
- continuar a comparação da energia total atual  $E$  com os  
mencionados limiares inferior  $E_{\text{inf}}$ , e superior  $E_{\text{sup}}$ , de  
10 energia total para obter uma indicação sobre a  
possibilidade teórica para a mencionada aeronave parar  
sobre a mencionada pista de aterrissagem.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado  
pelo fato de que para continuar à comparação, calcula-se  
15 um índice dado pela expressão:

$$I1 = \frac{E - E_{\text{inf}}}{E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}}$$

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado  
pelo fato de:

- calcular uma energia total de referência  $E_r$   
correspondendo à situação para a qual a velocidade de  
20 aproximação e o ângulo de aproximação são,  
respectivamente, iguais à velocidade de aproximação de  
referência  $V_r$  e ao ângulo de aproximação de referência  
 $\gamma_r$ ; e

- continuar à comparação entre a mencionada energia total  
25 atual  $E$  e a mencionada energia total de referência  $E_r$ , o  
resultado de essa comparação sendo ele mesmo comparado à  
pelo menos um das mencionadas energias totais de limiar  
inferior  $E_{\text{inf}}$  e de limiar superior  $E_{\text{sup}}$ .

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado  
30 pelo fato de que:

- se  $E$  é superior a  $E_r$ , pode-se comparar  $E - E_r$  a  $E_{\text{sup}} - E_r$ ;  
e

- se  $E$  é inferior a  $E_r$ , pode-se comparar  $E - E_r$  a  $E_{\text{inf}} - E_r$ .

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações

de 1 a 4, caracterizado pelo fato de os mencionados valores limites, inferior  $V_{inf}$  e superior  $V_{sup}$  de velocidade de aproximação são, de preferência, pelo menos, aproximadamente, iguais à mencionada velocidade de aproximação de referência  $V_r$ , respectivamente diminuída e

5  
6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de os mencionados valores limites, inferior  $\gamma_{inf}$  e superior  $\gamma_{sup}$  do ângulo de aproximação serem, pelo menos, aproximadamente, iguais ao mencionado ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ , respectivamente, diminuído ou aumentado de qualquer décimos de grau.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de o resultado da mencionada comparação ser visualizado próximo ao piloto da aeronave.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que ao mencionado resultado da mencionada comparação associa-se uma informação de predição de parada completa da aeronave sobre a mencionada pista de aterrissagem.

9. Dispositivo para aplicação do método de assistência à aterrissagem para uma aeronave, tal como especificado, em qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizado pelo fato de compreender

- meios de cálculo (20):

. recebendo pelo menos as informações referentes à massa atual  $m$ , à altura atual  $h$ , à velocidade de aproximação atual  $V$  e ao ângulo de aproximação atual  $\gamma$  da aeronave (1), assim como o valor limite inferior de velocidade  $V_{inf}$ , o valor limite superior de velocidade  $V_{sup}$ , o valor limite inferior de ângulo de aproximação  $\gamma_{inf}$  e o valor limite superior de ângulo de aproximação  $\gamma_{sup}$ , e, eventualmente, a velocidade de aproximação de referência  $V_r$  e o ângulo de aproximação de referência  $\gamma_r$ ;

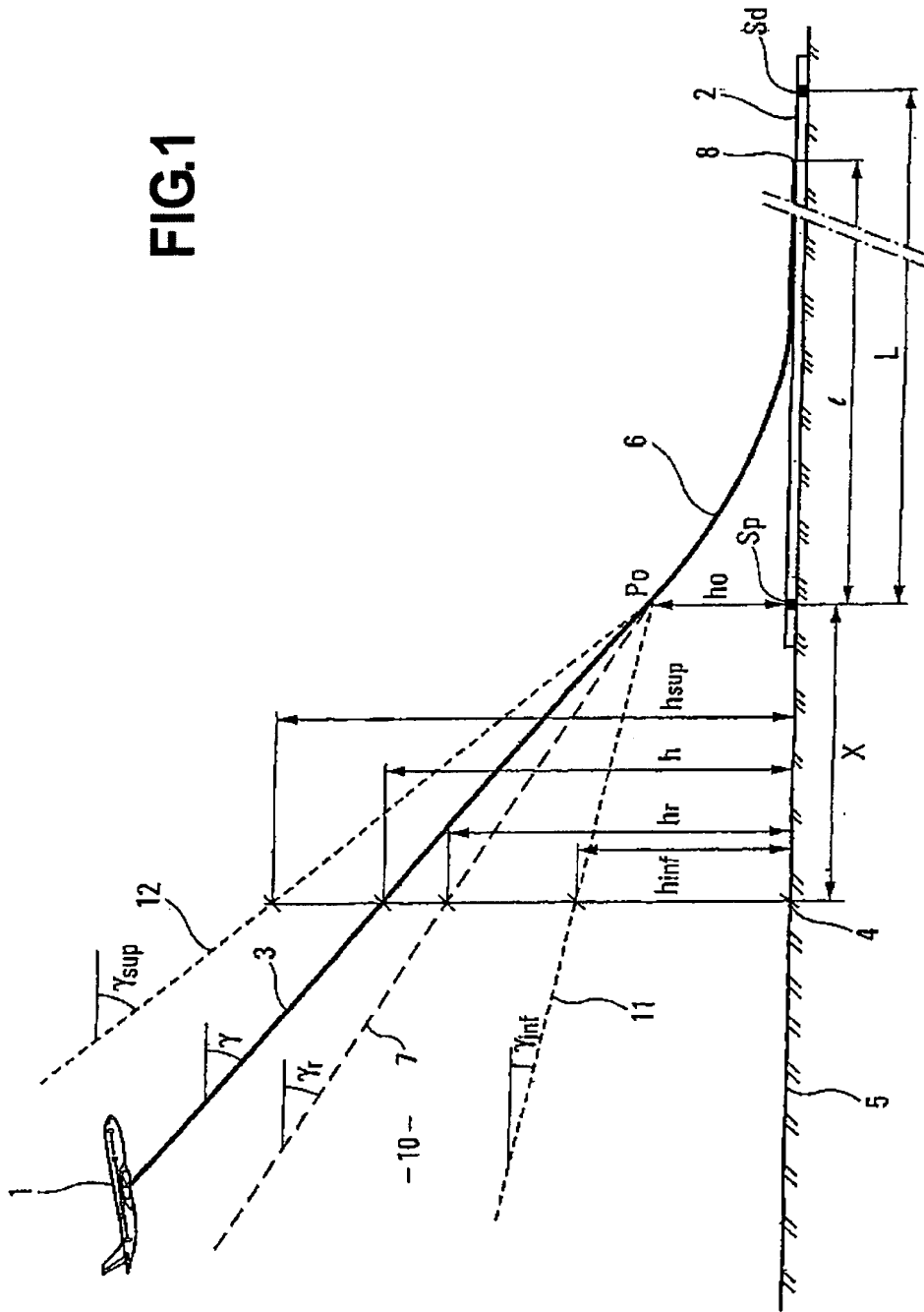
30  
35  
e

. calculando pelo menos um índice (I1, I2, I3) cujo valor é representativo do fato do nível da mencionada energia total atual E da aeronave (1) ser correto, excedente ou deficitário; e

5 - os meios de comparação (21) comparando o mencionado índice (I1, I2, I3) a pelo menos um valor de limiar correspondendo a uma transição entre um nível de energia total correto e um nível de energia total excedente ou deficitário, os mencionados meios de comparação sendo  
10 aptos para acionar pelo menos um dispositivo de alerta ou de alarme (22, 23, 25), pelo menos no caso onde o mencionado nível da energia total atual E da aeronave (1) é excedente ou deficitário.

10. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 9,  
15 caracterizado pelo fato de que pelo menos um dispositivo de alerta ou de alarme (25) é constituído por uma tela de pilotagem usual sobre a qual pode-se inscrever uma mensagem de alerta ou de alarme (24) relativa ao mencionado nível de energia total atual sob a ação dos  
20 mencionados meios de comparação (21).

FIG.1



2/2

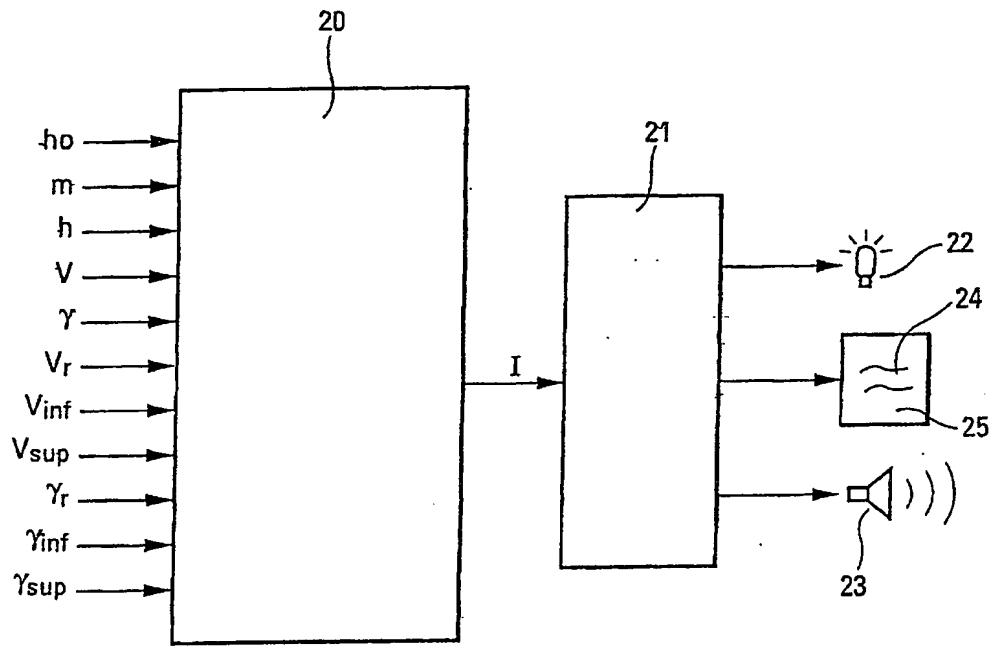


FIG.2

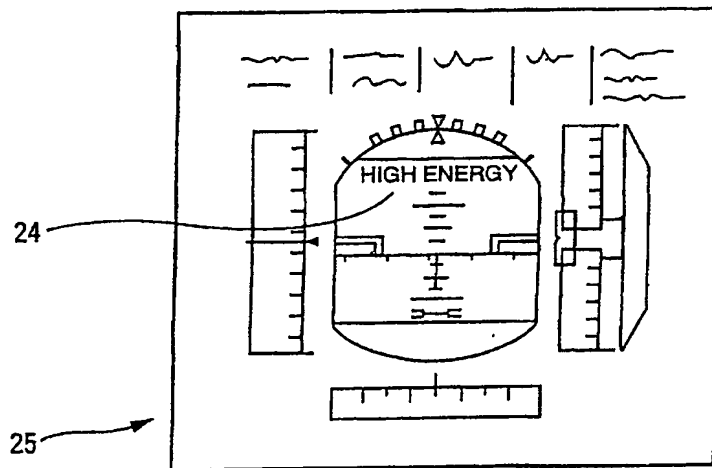


FIG.3

RESUMO

"MÉTODO DE ASSISTÊNCIA À ATERRISSAGEM PARA UMA AERONAVE E DISPOSITIVO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ASSISTÊNCIA À ATERRISSAGEM PARA UMA AERONAVE".

5 Método e dispositivo de assistência à aterrissagem de aeronave. Segundo a invenção, a partir das regras de procedimento de aterrissagem vinculadas à pista (2), determina-se um limiar inferior e um limiar superior de energia total aceitável para a aeronave (1) e compara-se  
10 a energia total atual da mesma com os mencionados limiares.