



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

(21) BR 10 2012 003333-0 A2

(22) Data de Depósito: 14/02/2012
(43) Data da Publicação: 30/07/2013
(RPI 2221)



(51) Int.Cl.:
G01W 1/08

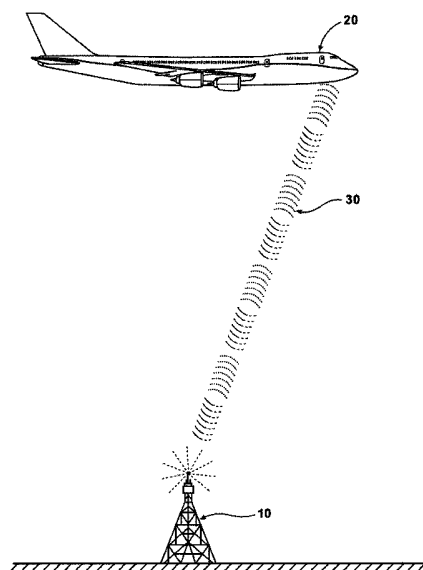
(54) **Título:** METODO PARA SELEÇÃO EM UM PROCESSADOR E ARMAZENAMENTO EM UM MEIO NÃO TRANSITORIO DE UM SUBCONJUNTO DE DADOS METEOROLOGICOS DISPONIVEIS

(30) **Prioridade Unionista:** 15/02/2011 US 13/027,759

(73) **Titular(es):** GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) **Inventor(es):** JOEL KENNETH KLOOSTER

(57) **Resumo:** MÉTODO PARA SELEÇÃO EM UM PROCESSADOR E ARMAZENAMENTO EM UM MEIO NÃO TRANSITÓRIO DE UM SUBCONJUNTO DE DADOS METEOROLÓGICOS DISPONÍVEIS. Trata-se de um método para selecionar e armazenar um subconjunto de dados meteorológicos disponíveis (100) ao longo de uma trajetória prevista (44) de uma aeronave e relevante para a trajetória prevista que inclui determinar pseudopontos de rota (70) e dados meteorológicos relacionados que dizem respeito a um segmento de nível da trajetória (50), e selecionar os pontos de dados meteorológicos (110), minimizando o erro de queima de combustível pesado e tempo em relação a um segmento de não nível da trajetória (54).



**“MÉTODO PARA SELEÇÃO EM UM PROCESSADOR E ARMAZENAMENTO
EM UM MEIO NÃO TRANSITÓRIO DE UM SUBCONJUNTO DE DADOS
METEOROLÓGICOS DISPONÍVEIS”**

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 A presente invenção se refere à seleção de dados meteorológicos, por exemplo, dados de vento e temperatura relevantes para a trajetória de uma aeronave, para fornecer posteriormente aqueles dados à aeronave ou outro usuário da trajetória da aeronave. Mais especificamente, a invenção refere-se à produção e fornecimento de um subconjunto menor de
10 dados meteorológicos relevantes a partir dos quais uma previsão precisa pode se tornar relevante para a trajetória da aeronave.

 Dados meteorológicos em pontos de rota ao longo de uma trajetória da aeronave são frequentemente considerados para determinar um tempo estimado de chegada e queima de combustível durante um voo de
15 aeronave. Por exemplo, um sistema de gerenciamento de voo (FMS) pode considerar dados de velocidade do vento e temperatura transferidos por upload ao FMS a partir de uma estação terrestre através de um sistema de comunicações enquanto a aeronave está em voo. O volume de tais dados meteorológicos é tipicamente maior e pode ser fornecido junto com muitos
20 pontos na trajetória da aeronave. Entretanto, as limitações em memória disponível e largura de banda disponível frequentemente atrasam a quantidade e a temporização de dados meteorológicos transferidos por upload. Tais dados são frequentemente fornecidos ao FMS de uma aeronave no ponto de início, o ponto final, e, talvez, um ou alguns pontos de rota ao longo da trajetória da
25 aeronave. Muitas vezes os pontos de rota entre o ponto de início e o ponto final são selecionados com base na localização dos auxílios de navegação terrestre (Nav aids) ao longo da trajetória da aeronave.

 Os limites nos dados podem compreender a precisão de

precisões de FMS com base nos dados. Do mesmo modo, é ocasionalmente dado a uma aeronave um espaço vazio para alterar sua trajetória em rota, o que resulta na necessidade por previsões de atualização rápidas, algumas vezes sem pontos de rota planejados. Muitos voos mais longos terão trechos longos em cruzeiro sem nenhum ponto de rota e nenhuma maneira para que os dados considerem mudanças climáticas entre pontos de rota planejados. Por exemplo, as mudanças na velocidade e direção do vento durante um cruzeiro longo sem dados atualizados durante aquele trecho podem resultar em erros no vento previsto, e, portanto, nas computações de tempo de chegada.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Um método de seleção e armazenamento de um subconjunto de dados meteorológicos disponíveis ao longo de uma trajetória prevista de uma aeronave e relevantes para a trajetória prevista pela recepção de uma trajetória prevista da aeronave e pontos de rota planejados para a trajetória prevista, que recebe informações meteorológicas em uma região que contém a trajetória prevista, filtra as informações meteorológicas e retém apenas as informações meteorológicas relevantes para a trajetória prevista, e seleciona um segmento da trajetória prevista. Se o segmento for um segmento de nível, a determinação de pseudopontos de rota e de dados meteorológicos de segmento de nível relacionados aos pseudopontos de rota e aos pontos de rota planejados para criar um primeiro subconjunto de dados meteorológicos. Se o segmento for um segmento de não nível, determinar dados meteorológicos de segmento de não nível a partir de um cálculo de custos de combustível e custos de tempo com base em dados de vento multidimensionais selecionados para criar um segundo subconjunto de dados meteorológicos e, então, armazenar um dentre o primeiro e o segundo subconjuntos como o subconjunto de dados meteorológicos disponíveis.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Nos desenhos:

A Figura 1 é uma ilustração esquemática de uma estação terrestre para o sistema de comunicações de aeronave que pode executar uma realização da presente invenção.

5 A Figura 2 é uma ilustração esquemática de uma trajetória de voo à qual os métodos, de acordo com uma realização da presente invenção, podem ser aplicados.

A Figura 3 é um fluxograma que mostra a seleção de um subconjunto de dados de velocidade do vento e temperatura, de acordo com uma realização da presente invenção.

10 A Figura 4 é uma ilustração esquemática da trajetória de voo da Figura 2 que mostra pseudopontos de rota inseridos junto com perfis de vento previstos.

A Figura 5 é um fluxograma que mostra a seleção de dados de temperatura e de vento de seleção para um segmento de nível de uma
15 trajetória de voo.

A Figura 6 é um fluxograma que mostra a seleção de dados de vento e temperatura de seleção para um segmento de não nível de uma trajetória de voo.

A Figura 7 mostra os dados de vento em várias elevações,
20 demonstrando a eliminação de vento redundante.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Na descrição a seguir, para fins de explicação, inúmeros detalhes específicos são apresentados para fornecer uma compreensão completa da tecnologia descrita no presente documento. Ficará evidente para um indivíduo
25 versado na técnica, entretanto, que as realizações exemplificadoras podem ser praticadas sem esses detalhes específicos. Em outras instâncias, estruturas e dispositivos são mostrados em forma de diagrama para facilitar a descrição das realizações exemplificadoras.

As realizações exemplificadoras são descritas abaixo com referência aos desenhos. Esses desenhos ilustram certos detalhes de realizações específicas que implantam o módulo, método e produto de programa de computador descritos no presente documento. Entretanto, os
5 desenhos não deveriam ser interpretados como impondo quaisquer limitações que possam estar presentes nos desenhos. O método e o produto de programa de computador podem ser fornecidos em qualquer meio legível por máquina pra realizar suas operações. As realizações podem ser implantadas com o uso de um processador de computador existente, ou por um processador de
10 computador de propósitos especiais incorporado para este e outros propósitos, ou por um sistema conectado diretamente.

Conforme indicado acima, as realizações descritas no presente documento incluem um produto de programa de computador que compreende meios legíveis por máquina para carregar ou ter instruções executáveis por
15 máquina ou estruturas de dados armazenadas no mesmo. Tal meio legível por máquina pode ser qualquer meio disponível, que pode ser acessado por um computador para propósitos gerais ou outra máquina com um processador. A título de exemplo, tais meios legíveis por máquina podem compreender RAM, ROM, EPROM, EEPROM, CD-ROM ou outro armazenamento de disco óptico,
20 armazenamento de disco magnético ou outros dispositivos de armazenamento magnético, ou qualquer outro meio que possa ser usado para portar ou armazenar código de programa desejado na forma de instruções executáveis por máquina ou estruturas de dados que possam ser acessadas por um computador de propósito especial ou propósitos gerais ou outra máquina
25 comum processador. Quando as informações são transferidas ou fornecidas através de uma rede ou outra conexão de comunicação (ou de conexão direta, sem fio ou uma combinação de conexão direta e sem fio) a uma máquina, sendo que a máquina vê, propriamente, a conexão como um meio legível por

máquina. Portanto, qualquer tal conexão é apropriadamente chamada de meio legível por máquina. Combinações daqueles acima também são incluídas no âmbito de meios legíveis por máquina. Instruções executáveis por máquina compreendem, por exemplo, instruções e dados, que levam um computador para propósitos gerais, computador de propósitos especiais ou máquinas de processamento para propósitos especiais a realizar uma certa função ou um grupo de funções.

As realizações serão descritas no contexto geral de etapas de método que podem ser implantadas em uma realização por um produto de programa que inclui instruções executáveis por máquina, como código de programa, por exemplo, na forma de módulos de programas executados por máquinas em ambientes em rede. Em geral, módulos de programa incluem rotinas, programas, objetos, componentes, estruturas de dados, etc. que têm o efeito técnico de realizar tarefas particulares ou implantar tipos de dados abstratos particulares. Instruções executáveis por máquina, estruturas de dados associadas, e módulos de programa representam exemplos de código de programa para executar etapas do método apresentado na presente invenção. A sequência particular de tais instruções executáveis ou estruturas de dados associadas representa exemplos de atos correspondentes para a implantação das funções descritas em tais etapas.

As realizações podem ser colocadas em prática em um ambiente em rede com o uso de conexões lógicas a um ou mais computadores remotos que têm processadores. As conexões lógicas podem incluir uma rede de área local (LAN) e uma rede de área ampla (WAN) que são apresentadas no presente documento a título de exemplo e não limitação. Tais ambientes de rede são comuns em redes de computador ampla de escritório ou ampla de empresa, intranets e a Internet e podem usar uma ampla variedade de protocolos de comunicação diferentes. Aqueles versados na técnica apreciarão

que tais ambientes de computação de rede irão abranger tipicamente muitos tipos de configuração de sistema de computador, incluindo computadores pessoais, dispositivos portáteis, sistemas de multiprocessador, eletrônicos baseados em microprocessador ou de consumidor programáveis, PCs em
5 rede, minicomputadores, computadores do tipo mainframe, e similares.

As realizações também podem ser praticadas em ambientes de computação distribuídos, em que as tarefas são realizadas mediante o processamento local e remoto de dispositivos que estão ligados (ou por ligações de conexão direta, ligações sem fio, ou por uma combinação de
10 ligações de conexão direta ou sem fio) através de uma rede de comunicação. Em um ambiente de computação distribuído, módulos de programa podem estar localizados em ambos os dispositivos de armazenamento de memória local e remoto.

Um sistema exemplificador para a implantação das realizações
15 exemplificadoras em geral ou porções das mesmas pode incluir um dispositivo de computação para propósitos gerais na forma de um computador, incluindo uma unidade de processamento, uma memória de sistema, e um barramento de sistema, que acopla vários componentes de sistema, incluindo a memória do sistema, à unidade de processamento. A memória do sistema pode incluir
20 memória de somente leitura (ROM) e memória de acesso aleatório (RAM). O computador também pode incluir uma unidade de disco rígido magnético para a leitura a partir de e gravação em um disco rígido magnético, uma unidade de disco magnético para a leitura a partir de ou gravação em um disco magnético removível, e uma unidade de disco óptico para a leitura a partir de ou gravação
25 em um disco óptico removível, como um CD-ROM ou outros meios ópticos. As unidades e seus meios legíveis por máquina associados fornecem o armazenamento não volátil de instruções executáveis por máquina, estruturas de dados, módulos de programa e outros dados para o computador.

Os efeitos técnicos do método apresentado nas realizações incluem a minimização dos custos de comunicação de voo da aeronave enquanto se aumenta a precisão dos ventos e temperaturas usados na predição de trajetória, aumentando, por meio disso, a precisão de uma
5 trajetória prevista por uma aeronave. Os mesmos também podem ser usados para minimizar os prejuízos de tempo e combustível da trajetória prevista.

A Figura 1 mostra um sistema 1 para a comunicação de aeronave-solo do tipo em que a realização da invenção é usada. Uma aeronave 20 pode se comunicar com uma estação terrestre 10 por meio de
10 uma ligação de comunicação 30. A ligação de comunicação 30 pode ser qualquer variedade de mecanismos de comunicação, incluindo, mas sem limitação, um rádio pacote e enlace ascendente de satélite. Em particular, a aeronave 20 tem um sistema de gerenciamento de voo (FMS) (não mostrado) a bordo que pode se comunicar com a estação terrestre 10 através da ligação de
15 comunicação 30. O FMS terá, em geral, uma quantidade limitada de memória disponível para o armazenamento de dados meteorológicos relacionados à trajetória de voo da aeronave 20. A estação terrestre 10 pode ser qualquer tipo de estação terrestre de comunicação 10, como controle de tráfego aéreo. Em geral, a ligação de comunicação 30 terá uma largura de banda limitada
20 disponível para a transmissão de dados meteorológicos extensivos relacionados à trajetória de voo da aeronave 20, e, em qualquer circunstância, pode ser custoso comunicar grandes quantidades de dados digitais através da ligação de comunicação 30. Embora qualquer tipo de informações possa ser comunicado através da ligação de comunicação 30, essa realização diz
25 respeito especificamente à comunicação de dados meteorológicos à aeronave 20.

A Figura 2 ilustra uma trajetória de voo prevista 44 sobreposta em um mapa geográfico 40, neste caso, dos Estados Unidos. A trajetória prevista

44 compreende um ponto de início 46 e um ponto final 48 e, para os fins dessa realização da invenção, compreende um segmento de nível 50 (algumas vezes também conhecido como um segmento de cruzeiro) e um segmento de não nível 54. A porção de nível da trajetória prevista 50 compreende um ponto de início de segmento de nível 46 que é o mesmo ponto de início que a trajetória prevista 44, um ponto final de porção de nível 58, e um ou mais pontos de rota planejados 60 que são tipicamente Navais terrestres. O segmento de não nível 54 compreende um ponto de início de segmento de não nível 58, que pode ser o mesmo ponto que o do ponto final de segmento de nível 58 e um ponto final de segmento de não nível 48, que pode ser o mesmo ponto que o ponto final de trajetória prevista 48.

Embora seja mostrado que a trajetória prevista 44 tem um segmento de nível 50 e um segmento de não nível 54 na Figura 2, sendo que a trajetória prevista pode ter qualquer número de segmentos de nível e segmentos de não nível. Pode ser que existam múltiplos segmentos de nível e segmentos de não nível, especialmente para voos transcontinentais em que uma aeronave pode alterar sua elevação para aproveitar ou minimizar o impacto de ventos prevalecentes, como a corrente de jato, para subir para altitudes mais altas conforme o combustível é queimado, ou para evitar turbulência.

Em geral, é provável que exista pelo menos um segmento de não nível 54 correspondente à descida durante a aterrissagem da aeronave 20. Tal descida e, portanto, o ponto de início de segmento de não nível 58, pode ser aproximadamente a 112,65 km (70 milhas) do ponto final de trajetória prevista 48. A porção de decolagem ou a porção de ascensão da trajetória prevista 44 para alcançar uma altitude de cruzeiro de nível é, em geral, curta e, para fins dessa realização, é incorporada com o segmento de nível 50. De acordo com essa realização da invenção, o segmento de nível 50 pode compreender,

ainda, um ou mais pseudopontos de rota 70. Os pseudopontos de rota são pontos de referência artificiais criados por algum motivo relevante a um parâmetro da trajetória. Eles podem ser definidos por uma tripulação aérea ou através da ligação de comunicação 30 e não limitados a auxílios de navegação terrestre. Eles podem ser definidos enquanto em rota após pontos de rota estabelecidos para a trajetória serem configurados. Ademais, pseudopontos de rota podem ser definidos de várias formas, como por latitude e longitude ou por uma distância especificada junto com a trajetória atual, como um ponto de rota ao longo de trajetória.

A trajetória prevista 44 pode ser descrita em um espaço tridimensional (3D) como uma trajetória tridimensional (3DT), ou em um espaço tetradimensional (4D) como uma trajetória tetradimensional (4DT). As três dimensões de 3DT incluem latitude, longitude, e altitude. As quatro dimensões de 4DT incluem latitude, longitude, altitude, e tempo. Em outras palavras, uma descrição 4DT da trajetória da aeronave define onde no espaço 3D a aeronave 20 está em um dado ponto no tempo.

Nesta realização, os dados meteorológicos associados ao segmento de nível 50 são fornecidos ao FMS como uma definição espacial dos pontos de rota 60 e 70 junto com dados de vento de cauda, vento de través, e temperatura. A definição espacial dos pontos de rota 60 e 70 compreende uma coordenada latitudinal e longitudinal do ponto de rota. O vento de cauda é o componente do vento que é paralelo à trajetória 44 da aeronave 20 em qualquer ponto ao longo da trajetória 44. De maneira similar, o vento de través é o componente de vento em uma direção perpendicular à trajetória 44 da aeronave 20 em qualquer ponto ao longo da trajetória 44. Deve-se notar que o vento de proa, que é um valor negativo do vento de cauda, também pode ser usado no lugar do vento de cauda sem sair da apresentação do presente documento.

Também nesta realização, dados meteorológicos associados à porção de não nível 54 são fornecidos ao FMS da aeronave 20 como ponto de elevação, velocidade do vento, direção do vento, e temperatura. O FMS converte, tipicamente, velocidade do vento e direção do vento em componentes de vento de través e vento de cauda.

Os dados meteorológicos podem ser enviados ao FMS da aeronave 20 para ambos os segmentos de nível 50 e não nível 54 simultânea ou separadamente através da ligação de comunicação 30. Embora os dados meteorológicos compreendam elementos de vento de cauda, vento de través, e temperatura para ambos os segmentos 50 e 54, os dados meteorológicos podem compreender mais ou menos elementos. Por exemplo, os dados meteorológicos podem compreender apenas componentes de vento de cauda e vento de través, sem dados de temperatura. Como um exemplo alternativo, os dados meteorológicos podem compreender elementos de dados de vento de cauda, vento de través, temperatura, umidade e pressão barométrica.

Dados meteorológicos precisos, atuais e apropriados deveriam estar disponíveis durante toda a trajetória para permitir a predição precisa de eventos relacionados à trajetória. Por exemplo, no segmento de nível 50 é desejável ter dados meteorológicos precisos de modo que a queima de combustível e o tempo de chegada estimado sejam determinados de maneira precisa. Em um segmento de não nível 54, como a descida, há uma tendência na indústria da aviação de usar uma abordagem ecológica, que precisa de dados meteorológicos precisos e dados meteorológicos atualizados para construir uma trajetória 4D precisa para reduzir a queima de combustível durante a descida e aterrissagem da aeronave 20. Com dados meteorológicos apropriados para um segmento de não nível 54, como de descida e aterrissagem, o uso de combustível pode ser otimizado.

De acordo com esta realização da invenção, A Figura 3 mostra

um método 100 de seleção de um subconjunto apropriado de dados meteorológicos disponíveis para a transmissão a uma aeronave 20 através da ligação de comunicação 30 para facilitar uma previsão mais precisa de eventos relacionados à trajetória 44. O método 100 gera dados meteorológicos para o

5 FMS da aeronave 20 ou outro usuário dos dados, pertinente à trajetória prevista 44 em qualquer um ou ambos os segmentos de nível 50 e não nível 54. O método 100 começa com a trajetória prevista 44 sendo recebida em 102. A seguir, os dados de vento e temperatura para uma região que contém a trajetória prevista 44 são recebidos em 104. Todos os dados de temperatura e

10 velocidade do vento para a trajetória prevista 44 da aeronave são filtrados em 106. Em outras palavras, apenas os dados relevantes para a trajetória prevista 44 da aeronave 20 são retidos para a seleção adicional em etapas subsequentes. É, então, determinado em 108 se a trajetória prevista 44 da aeronave tem um segmento de nível 50. Se sim, então os dados de vento e

15 temperatura do segmento de nível 50 são determinados em 110, uma etapa descrita com maiores detalhes com maiores detalhes em conjunto com a Figura 5. Se não, ou se os dados de vento e temperatura do segmento de nível 50 forem determinados em 110, o método 100 prossegue, então, em 112 para determinar se a trajetória prevista 44 tem um segmento de não nível 54. Se

20 sim, então os dados de vento e temperatura do segmento de não nível são determinados em 114, uma etapa descrita com maiores detalhes em conjunto com a Figura 6. Se não, ou se os dados de vento e temperatura do segmento de não nível 54 forem determinados em 114, o método 100 prossegue, então, em 116 para armazenar e/ou enviar todos os dados de vento e temperatura para

25 a aeronave ou outro usuário dos dados. Em 116, os dados armazenados e/ou enviados podem incluir dados de vento e temperatura para um segmento de nível apenas, um segmento de nível e um segmento de não nível, ou para um segmento de não nível apenas, dependendo da decisão nas decisões tomadas

nas etapas 108 e 112.

Com referência, agora, à Figura 4, a adição de pseudopontos de rota 70 ao longo do segmento de nível 50 da trajetória prevista 44, e as melhorias resultantes na determinação do perfil de vento são mostradas de maneira gráfica. A demonstração bidimensional do segmento de nível da trajetória 50, conforme mostrado Figura 2, é projetada na Figura 4 em uma única dimensão para uma vista melhor das implicações de inserir pseudopontos de rota 70 entre o ponto de início de segmento de nível 46 e o ponto final de segmento de nível 58. Os pontos 120, 122, e 124 representam os dados de velocidade do vento no ponto de início de segmento de nível 46, no ponto de rota planejado 60, e no ponto final 58, respectivamente. Os dados de vento podem compreender qualquer tipo de dados de vento incluindo, mas não se limitando a, vento de cauda, vento de través, velocidade de vento, direção do vento, vento de proa ou combinações dos mesmos. Os dados de vento podem ser interpolados entre cada um desses pontos 120, 122, e 124 para gerar um perfil de vento 126 para o segmento de nível 50. O perfil de vento 126 compreende um primeiro segmento interpolado de dados de vento 128 entre o ponto de início de segmento de nível 46 e o ponto de rota de segmento de nível 60 e um segundo segmento interpolado de dados de vento 130 entre o ponto de rota de segmento de nível 60 e o ponto final de segmento de nível 58. Conforme discutido anteriormente, há dúvidas sobre a precisão do perfil de vento 126 através de cada segmento interpolado 128, 130.

De acordo com esta realização da invenção, a avaliação de um profile de vento 140 com pseudopontos de rota 70 inclui dados de vento adicionais 132, 134, e 136 correspondentes a pseudopontos de rota 70 que podem resultar em uma precisão maior que o perfil de vento 126 sem pseudopontos de rota. De fato, para o perfil de vento 140 com pseudopontos de rota, a interpolação entre pontos é conduzida através de distâncias mais

curtas com segmentos de interpolação 142, 144, 146, 148, e 150. A interpolação através de distâncias maiores, como o perfil de vento 126, sem pseudopontos de rota pode introduzir erro na previsão de dados de vento, conforme se pode constatar claramente quando se compara o perfil de vento 5 140 com os pseudopontos de rota. Por exemplo, no trajeto entre o ponto de início de segmento de nível 46 e o primeiro pseudoponto de rota 70, o segmento interpolado 142 contém dados de vento que diferem dos dados de vento através da mesma distância no segmento interpolado 128. Tais discrepâncias existem ao comparar os segmentos de interpolação 144 a 128, 10 146 a 128, 148 a 130, e 150 a 130. Portanto, é observado que erros não negligenciáveis nos dados de vento previstos são evitados pela interpolação através de distâncias mais curtas com pseudopontos de rota adicionais 70 ao longo do segmento de nível 50.

Para minimizar erros associados aos dados de vento de 15 interpolação através de distâncias longas, o método 110 é descrito na Figura 5 para selecionar os pseudopontos de rota mais apropriados 70 com dados de vento e temperatura associados ao longo do segmento de nível 50. Primeiro, em 160, a trajetória do segmento de nível 50 da aeronave é recebida ou prevista. Isso pode acarretar o recebimento da trajetória geral 44 e determinar 20 o segmento de nível 50 a partir daqueles dados de trajetória. Conforme mencionado anteriormente, a trajetória pode ser descrita como 4DT ou 3DT, sem que se saia dos conceitos inovadores apresentados no presente documento.

Em 162, as informações de vento e temperatura para uma região 25 que contém o segmento de nível 50 também são recebidas. Como a trajetória de segmento de nível 50, as informações de vento e temperatura podem estar em qualquer formato conhecido, como 2D (latitude e longitude), 3D (latitude, longitude, e altitude), ou 4D (latitude, longitude, altitude, e tempo). As

informações de vento podem compreender informações de vento de qualquer tipo conhecido de informações, incluindo velocidade do vento e direção do vento.

Uma vez que as informações de vento são recebidas em 162, o método 110 determina, a seguir, o vento de cauda e vento de través em todos os pontos ao longo do segmento de nível em 164 a partir das informações de vento. A derivação pode ser de qualquer método conhecido. Em um aspecto, o vento de cauda pode ser derivado de uma trajetória instantânea da aeronave 20 e a velocidade de vento conhecida, conforme segue:

$$10 \quad TW = WS \cdot \cos(\square),$$

Em que TW é o vento de cauda,

WS é a velocidade do vento, e

\square é o ângulo entre a trajetória da aeronave e a direção do vento.

De maneira similar, o vento de través pode ser derivado conforme

15 segue:

$$CW = WS \cdot \sin(\square),$$

Em que CW é o vento de través.

A derivação do vento de cauda e do vento de través pode ser mais bem compreendida por meio de exemplo. Se uma aeronave tiver uma 20 direção instantânea para o norte e a velocidade de vento no local e tempo for 20 nós de velocidade do vento (WS) para o nordeste, então o ângulo (\square) entre a direção de aeronave instantânea 20 e a direção do vento é 45° e, portanto, o vento de cauda (TW) é de 14,1 nós ($20 \cdot \cos(45^\circ)$) e o vento de través (CW) também é de 14,1 nós ($20 \cdot \sin(45^\circ)$).

25 Os pontos ao longo do segmento de nível 50 podem ser de qualquer resolução. Ademais, é possível que os pontos ao longo do segmento de nível 50 possam ser de resolução variável, especialmente para voos internacionais e, mais especialmente, para voos transcontinentais. Por

exemplo, em um voo entre os Estados Unidos e a Europa, pode haver uma melhor resolução de informações de vento (e, portanto, dados de vento derivado) para pontos pelo solo nos Estados Unidos e Europa, por exemplo, dados de vento a cada 2 km, e uma resolução reduzida para pontos pelo
5 Oceano Atlântico.

Continuando, agora, com o método 110, cada ponto de sucessão ao longo do segmento de nível 50 é atingido e a diferença no gradiente de vento é determinada naquele ponto em 166. O gradiente de vento pode ser determinado ao subtrair os dados de vento atuais dos dados de vento
10 anteriores e dividir pela distância. Por exemplo, o gradiente de vento de cauda pode ser determinado ao subtrair o vento de cauda no ponto atual ao longo do segmento de nível 50 a partir do vento de cauda no ponto anterior ao longo do segmento de nível e dividir pela distância do ponto anterior ao ponto atual. Compreende-se que um gradiente e diferença no gradiente de vento não
15 podem ser determinados para o ponto de início do segmento de nível 46, já que não há ponto de dados de vento anteriores a se considerar naquele ponto ao longo do segmento de nível 50.

Em 168, é determinado se o ponto final de segmento de nível 58 é alcançado. Se não, então se determina se a diferença entre o gradiente de
20 vento no ponto atual e o gradiente de vento no ponto anterior satisfaz um limite em 170. Satisfazer um limite pode significar que o gradiente de vento é maior que um valor predeterminado. Por exemplo, o limite de gradiente predefinido pode ser 15 nós/km. Nesse caso, uma mudança no vento de cauda ou no vento de proa (direção oposta à do vento de cauda) maior que 15 nós em 1 km
25 satisfaria o limite.

Se em 170 determina-se que a diferença no gradiente no ponto atual satisfaz o limite, então o ponto atual é definido como um pseudoponto de rota em 172 e o método 110 retorna a 166 para considerar o próximo ponto ao

longo do segmento de nível 50. Se em 170 for determinado que a diferença no gradiente no ponto atual não satisfaz o limite, então o método 110 volta para 166 para considerar o próximo ponto ao longo do segmento de nível 50.

Se em 168 for determinado que o ponto final de segmento de
5 nível 58 é alcançado, então o método 110 pula para 174 e segue para o primeiro ponto de rota. Nesse ponto do método 110 todos os pseudopontos de rota necessários 70 foram definidos na execução do laço que consiste em 166, 168, 170, e 172. A seguir, o método 110 recupera os dados de vento e temperatura no ponto de rota atual em 176. Em 178, é determinado se o último
10 ponto de rota foi alcançado. Se sim, então o método 110 armazena todos os dados de vento, dados de temperatura e os locais de ponto de rota em 180. Esses dados podem, opcionalmente, serem enviados para o FMS da aeronave 20 ou outros usuários dos dados. Se em 178 for determinado que o último ponto de rota não foi alcançado, então, o método volta para 174 para se
15 remeter ao próximo ponto de rota.

Deve-se notar que em 172 possa haver um número de pseudopontos de rota definidos que excedem um limite de ponto de rota máximo. Isso pode ser especialmente verdadeiro se o segmento de nível for relativamente longo ou se o limite de gradiente de vento for configurado como
20 baixo demais. Em tal caso, o método 110 pode automaticamente aumentar o limite de gradiente de vento e elementos de reexecução 166 a 172 ou o método pode simplesmente selecionar os locais de pseudoponto de rota com o maior gradiente de vento.

É observado que o método 110 define os locais ao longo do
25 segmento de nível 50 onde os pseudopontos de rota 70 são inseridos com base no gradiente ou mudança em etapas em dados de vento relevantes, como dados de vento de cauda. Ao usar o gradiente dos dados de vento relevantes para a seleção de dados, os pseudopontos de rota são efetivamente inseridos

em pontos em que há um impacto maior na redução de erros resultante da criação de um perfil de vento ao interpolar com muito poucos pontos de rota. Os dados que são armazenados em 180 e enviados para o FMS da aeronave 20 incluem o local do pseudoponto de rota e os dados meteorológicos, como
5 velocidade do vento, direção do vento, e temperatura para cada pseudoponto de rota 70 assim como cada ponto de rota planejado 60. Os dados podem ser enviados como duas transmissões por enlace ascendente em que a localização dos pontos de rota é enviada primeiro e, então, os dados de vento são enviados.

10 Com referência, agora, às Figuras 6 e 7, um método 114 de seleção de dados de vento e temperatura de segmento de não nível é ilustrado. Primeiro, o segmento de não nível trajetória previsto 54 é recebido em 190. A seguir, as informações de vento e temperatura que contêm o segmento de não nível previsto 54 são recebidas em 192. Para o segmento de não nível 54, as
15 informações de vento e temperatura podem estar em qualquer formato conhecido, como 2D (latitude e longitude), 3D (latitude, longitude, e altitude), ou 4D (latitude, longitude, altitude, e tempo). As informações de vento podem compreender qualquer tipo conhecido de informações, incluindo velocidade de vento e direção do vento.

20 Em 194, os dados meteorológicos relevantes são calculados em cada ponto ao longo do segmento de não nível 54. Em geral, esses dados incluirão dados de vento de cauda e de vento de través. O cálculo de dados de vento de cauda e vento de través a partir de informações meteorológicas, como velocidade de vento, foi descrito acima para o segmento de nível 50 em
25 conjunto com o elemento 164 do método 110. Um custo de combustível e tempo também é determinado em 194 com base nos dados meteorológicos determinados em cada ponto ao longo do segmento de não nível 54. O custo de combustível pode ser uma função da queima de combustível estimada,

como uma escala linear da queima de combustível. O custo de tempo pode ser uma função do tempo total para chegar ao ponto final de segmento de não nível 48, como uma escala linear do tempo total para a chegada. Um custo de tempo e custo de combustível é, em geral, usado no lugar de apenas o tempo e combustível para ter um método de não-unidade de comparação dos dois parâmetros na mesma escala. Por exemplo, se um segmento de não nível durar, a saber, 20 minutos e consumir 272,73 kg (600 lbs) de combustível, então um custo de combustível apropriado pode ser igual ao uso de combustível estimado dividido por 272,73 kg (600 lbs) e um custo de tempo apropriado pode ser igual ao tempo de segmento de não nível dividido por 20 minutos.

Em 196, é determinado se o número de elementos de vento é maior que um limite de elemento MAX predeterminado. O limite de elemento MAX é um limite definido por sistema ou limite definido por usuário que define o número máximo de conjuntos de dados (altitude junto com dados meteorológicos) que podem ser enviados ao FMS ou outro usuário dos dados meteorológicos. Portanto, se o número de elementos de vento calculado em 194 não exceder o limite de elementos MAX, então todo o conjunto de dados de vento computado pode ser selecionado e pode ser armazenado em 198 para o envio ao FMS ou outro usuário dos dados de vento. Os dados selecionados podem, por exemplo, ser armazenados na memória eletrônica de um sistema de computador usado para executar o método 114 e podem subsequentemente ser transmitidos para a aeronave 20 através da ligação de comunicações 30.

Espera-se, entretanto, que o número de elementos calculado em 194 exceda o limite de elemento MAX em 196 porque um sistema FMS típico pode, em geral, aceitar aproximadamente 5 elementos e pode haver 50 ou mais elementos calculados em 194. Consequentemente, um subconjunto dos

elementos de vento calculados em 194 é, de preferência, selecionado para minimizar o erro no tempo de chegada e queima de combustível prevista.

A seleção dos elementos de vento envolve a remoção de elementos de vento redundantes em 200. Um conjunto de dados para o segmento de não nível 54 é definido por uma altitude e dados meteorológicos relacionados (vento de cauda, vento de través, e temperatura) naquela altitude. Para remover os elementos de vento redundantes em 200, o método 114 pode desconsiderar dados associados a altitudes em que não há mudança em dados de vento relevantes. Esse conceito é adicionalmente ilustrado a título de exemplo na Figura 7 que mostra um diagrama de dados de vento relevantes versus altitude 220. Nesse exemplo, os dados de vento relevantes podem ser dados de vento de cauda data com elementos de vento de cauda 222, 224, 226, 228, 230, 232, 238, 240, 242, 244, 246, 248, e 250 e elementos de vento de proa (vento de cauda negativo) 234 e 236. Os dados de vento relevantes podem variar com a elevação, mas pode haver uma faixa de elevações em que os dados de vento relevantes não variem muito com a elevação, conforme visto com os pontos de dados 242, 244, 246, e 248, assim como com os pontos de dados 222, 224, 226, 228. Tal fenômeno de variação mínima em dados de vento com elevação pode ocorrer, por exemplo, em ventos prevalecentes conhecidos, como corrente de jato ou perto do solo. Onde houver múltiplas elevações com dados de vento similares ou iguais, aquelas elevações podem ser eliminadas em 200. No exemplo da Figura 7, isso pode acarretar na desconsideração dos pontos de dados de vento 224, 226, 244, e 246. Em outras palavras, quando os elementos de dados compreendem uma elevação com os dados meteorológicos associados, as elevações em que não há uma diferença notável em dados de vento relevantes podem ser eliminadas sem a introdução de erros significativos na estimativa do tempo de chegada ou queima de combustível.

Uma vez que os elementos de vento redundantes são removidos de consideração em 200, as variáveis para a troca entre erro na estimativa de tempo (C1) e estimativa de queima de combustível (C0) são inicializadas em 202. Essas variáveis C0 e C1 podem ser configuradas com base na importância desejada de um usuário de prever corretamente a estimativa de tempo versus a queima de combustível. Em outras palavras, se for considerado mais importante prever a queima de combustível que o tempo estimado de chegada, então, C0 pode ser configurado a um valor mais alto que C1.

Uma vez que as variáveis foram inicializadas em 202, um subconjunto de elementos de vento de limite de elemento MAX é selecionado em 204. A seleção do subconjunto pode ser baseada em métodos heurísticos ou métodos definidos por usuário. Por exemplo, os elementos escolhidos do subconjunto podem ser determinados com base em ter uma discrepância de elevação máxima, ou uma concentração alta de elementos em faixas de elevação conhecidas por produzir ventos fortes. O subconjunto selecionado em 204 é, então, usado para gerar um perfil de vento em 206. O perfil de vento gerado pode ser um conjunto de dados com cada conjunto de dados compreendendo uma elevação e dados meteorológicos relacionados naquela elevação. A geração de perfil de vento 206 pode, ainda, interpolar entre pontos de elevação, ou extrapolar para além dos pontos de elevação mínimo e máximo definidos, ou usar qualquer técnica matemática conhecida para estimar os dados meteorológicos em todos os níveis de elevação em que a aeronave pode operar com base nos dados de subconjunto. Um custo de combustível e tempo é, então, determinado para o subconjunto em 208 com base no perfil de vento para o subconjunto. O conceito de custo de vento e tempo é descrito com maiores detalhes acima para a descrição de 194. O custo de combustível e tempo para um subconjunto dos dados também pode levar em consideração o comportamento guia da aeronave para um perfil que o FMS construirá com

base no subconjunto apenas. Por exemplo, se a trajetória for construída presumindo apenas o subconjunto de dados de vento e temperatura, mas a massa de ar real através da qual a aeronave voa contiver todo o conjunto de ventos e temperaturas, empuxo e resistência ao avanço adicionais podem ser exigidos para compensar pelos erros introduzidos ao usar apenas o subconjunto de dados. Essas ações de direcionamento introduzirão custos de combustível e tempo adicionais. É determinado, a seguir, em 210 se um número máximo de subconjuntos de vento for examinado. Se não, então o método volta para a etapa 204 para selecionar o próximo subconjunto de elementos de vento. O número máximo de subconjuntos para examinar pode ser baseado em um número predeterminado fixado. Por exemplo, o número de subconjuntos examinados pode depender do tempo computacional em 206 e 208.

Se em 210 o número máximo foi examinado, então em 212 o subconjunto de vento é selecionado para minimizar o erro pesado combinado ou pena da queima de combustível e tempo. Uma pena pesada combinada é calculada para cada subconjunto como $C0$ multiplicado pela Fuel_Penalty mais $C1$ multiplicado pela Time_Penalty ($C0 * \text{Fuel_Penalty} + C1 * \text{Time_Penalty}$). A Fuel_Penalty é a diferença no custo de combustível determinada em 194 para os dados meteorológicos completos e em 208 para cada subconjunto ($\text{Fuel_Penalty} = \text{Fuel Cost} - \text{Subset Fuel Cost}$). De maneira similar, a Time_Penalty é a diferença no custo de tempo determinado em 194 para o conjunto de dados meteorológicos completos e em 208 para cada subconjunto ($\text{Time_Penalty} = \text{Time Cost} - \text{Subset Time Cost}$). Os dados de vento com o erro pesado combinado mínimo é selecionado e armazenado para uso pelo FMS ou outro usuário dos dados, de preferência em um meio não transitório, como uma unidade de disco rígido. Opcionalmente, o conjunto de dados que compreende uma altitude e dados meteorológicos correspondentes, como

vento de cauda, vento de través, e temperatura pode ser transmitido ao FMS a bordo da aeronave 20 através da ligação de comunicação 30. Será compreendido que qualquer subconjunto determinado ou selecionado pode ser transmitido a uma aeronave em voo ou no solo, ou transmitido a outro usuário para fins de atualização de uma trajetória prevista da aeronave.

Deve-se constatar que os elementos do método 114 podem ser executados fora de ordem ou com variações e não saem do conceito inventivo apresentado no presente documento. Por exemplo, 190 e 192 podem ser executados simultaneamente ou em ordem reversa. Adicionalmente, o método 114 pode envolver outras variáveis e contadores que possam precisar ser inicializados, configurados, zerados ou, senão, usados conforme conhecido comumente na técnica e cada variação específica não é discutida, visando o interesse em uma descrição sucinta.

Esta descrição por escrito faz uso de exemplos para apresentar a invenção, incluindo o melhor modo, e também para permitir que qualquer pessoa versada na técnica coloque a invenção em prática, incluindo a fabricação e o uso de quaisquer dispositivos ou sistemas e a realização de quaisquer métodos incorporados. O âmbito patenteável da invenção é definido pelas reivindicações, e pode incluir outros exemplos que ocorrem àqueles versados na técnica. Tais outros exemplos são destinados a estarem no âmbito das reivindicações se tiverem elementos estruturais que não diferem da linguagem literal das reivindicações, ou se incluem elementos estruturais equivalentes com diferenças insubstanciais das linguagens literais das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA SELEÇÃO EM UM PROCESSADOR E ARMAZENAMENTO EM UM MEIO NÃO TRANSITÓRIO DE UM SUBCONJUNTO DE DADOS METEOROLÓGICOS DISPONÍVEIS (100) ao
5 longo de uma trajetória prevista (44) de uma aeronave (20) e relevante à trajetória prevista (44) para a transmissão posterior e uso na atualização da trajetória prevista (44), que compreende as etapas de:

no processor, receber uma trajetória prevista (44) da aeronave (20) e pontos de rota planejados (60) para a trajetória prevista (102);

10 receber informações meteorológicas em uma região que contém a trajetória prevista (104);

realizar uma filtragem das informações meteorológicas e reter apenas as informações meteorológicas relevantes para a trajetória prevista;

selecionar um segmento da trajetória prevista;

15 se o segmento for um segmento de nível (108), determinar os pseudopontos de rota e os dados meteorológicos de segmento de nível relacionados aos pseudopontos de rota e aos pontos de rota planejados para criar um primeiro subconjunto de dados meteorológicos (110);

se o segmento for um segmento de não nível (112), determinar
20 dados meteorológicos de segmento de não nível a partir de um cálculo de custos de combustível e custos de tempo com base em dados de vento multidimensionais selecionados para criar um segundo subconjunto de dados meteorológicos (114); e

no meio não transitório, armazenar um dentre o primeiro e o
25 segundo subconjuntos como o subconjunto de dados meteorológicos disponíveis.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, em que a determinação de pseudopontos de rota (70) ao longo de um segmento de nível

(50) de uma trajetória prevista (44) de aeronave (20) compreende as etapas de:

A. receber uma trajetória de segmento de nível prevista (160) da aeronave (20) que compreende uma pluralidade de pontos, incluindo um ponto de início de segmento de nível (46) e um ponto final de segmento de nível (58);

5 B. determinar os dados meteorológicos na pluralidade de pontos, incluindo os pontos de início e final ao longo do segmento de nível a partir das informações meteorológicas retidas (164);

C. extrair os dados meteorológicos no ponto de início (46);

10 D. passar para o próximo ponto ao longo da trajetória de segmento de nível prevista (166);

E. determinar se o ponto atual ao longo da trajetória de segmento de nível prevista (50) é o ponto final de segmento de nível (168) e se o ponto atual ao longo da trajetória de segmento de nível prevista (50) é o ponto final de segmento de nível (58), então, prosseguir para a etapa J;

15 F. extrair os dados meteorológicos no ponto atual;

G. determinar um gradiente dos dados meteorológicos no ponto atual e uma mudança no gradiente a partir do ponto anterior (166);

20 H. determinar se a mudança no gradiente satisfaz um limite predeterminado (170) e se a mudança no gradiente não satisfaz um limite predeterminado, então, voltar à etapa D;

I. configurar o ponto atual como um pseudoponto de rota (172) e, então, voltar para a etapa D; e

25 J. armazenar os dados meteorológicos no ponto de início, cada um dos pseudopontos de rota, e o ponto final como um segmento de nível como o primeiro subconjunto de dados meteorológicos (180).

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, em que a determinação do gradiente dos dados meteorológicos (166) compreende determinar uma mudança no vento de cauda entre o ponto atual e o ponto

anterior ao longo da trajetória de segmento de nível prevista (50).

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, que compreende, ainda, determinar se o número total de pseudopontos de rota (70) é maior que um máximo de pseudoponto de rota predeterminado e se é maior
5 que um máximo de pseudoponto de rota, então, remover pseudopontos de rota (70) correspondentes aos valores de gradientes mais baixos de modo que o número restante de pseudopontos de rota seja igual ao máximo de pseudoponto de rota predeterminado.

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, em que a
10 determinação de dados meteorológicos de segmento de não nível (114) compreende as etapas de:

A. receber uma trajetória prevista de segmento de não nível (190) que compreende uma pluralidade de pontos, incluindo um ponto de início de segmento de não nível e um ponto final de segmento de não nível;

15 B. determinar dados meteorológicos em todos dentre a pluralidade de pontos ao longo do segmento de não nível (194) com base nas informações de vento retidas e na trajetória prevista de segmento de não nível (54);

C. determinar um custo de combustível e um custo de tempo com
20 base nos dados meteorológicos em todos os pontos ao longo do segmento de não nível (194);

D. determinar se o número de pontos de dados meteorológicos excede um máximo predeterminado (196) e se o número não excede o máximo predeterminado, então, selecionar todos os pontos de dados meteorológicos
25 (198) e prosseguir para a etapa L;

E. remover pontos de dados meteorológicos redundantes a partir dos dados de vento em todos dentre a pluralidade de pontos ao longo da trajetória prevista do segmento de não nível (200);

F. selecionar um subconjunto dos dados meteorológicos que contém o número máximo predeterminado de pontos de dados a partir da pluralidade de pontos de dados de vento ao longo da trajetória prevista do segmento de não nível (204);

5 G. gerar um perfil de vento ao longo da trajetória prevista do segmento de não nível com o uso do subconjunto dos dados meteorológicos (206);

H. determinar um custo de combustível de subconjunto e um custo de tempo de subconjunto com base no perfil de vento e gravar os pontos
10 de dados de subconjunto, o custo de combustível de subconjunto e o custo de tempo de subconjunto (208);

I. determinar se um número máximo predeterminado de subconjuntos foi selecionado (210) e se o número máximo predeterminado de subconjuntos não foi selecionado, então, voltar à etapa F;

15 J. determinar um erro de queima de combustível pesada e tempo com base no custo de combustível, no custo de tempo e no custo de combustível de subconjunto e custo de tempo de subconjunto para cada um dos subconjuntos examinados;

K. selecionar os pontos de dados meteorológicos
20 correspondentes ao subconjunto que minimiza a queima de combustível pesada e o erro de tempo (212); e

M. armazenar os pontos de dados meteorológicos selecionados como o segundo subconjunto de dados meteorológicos (212).

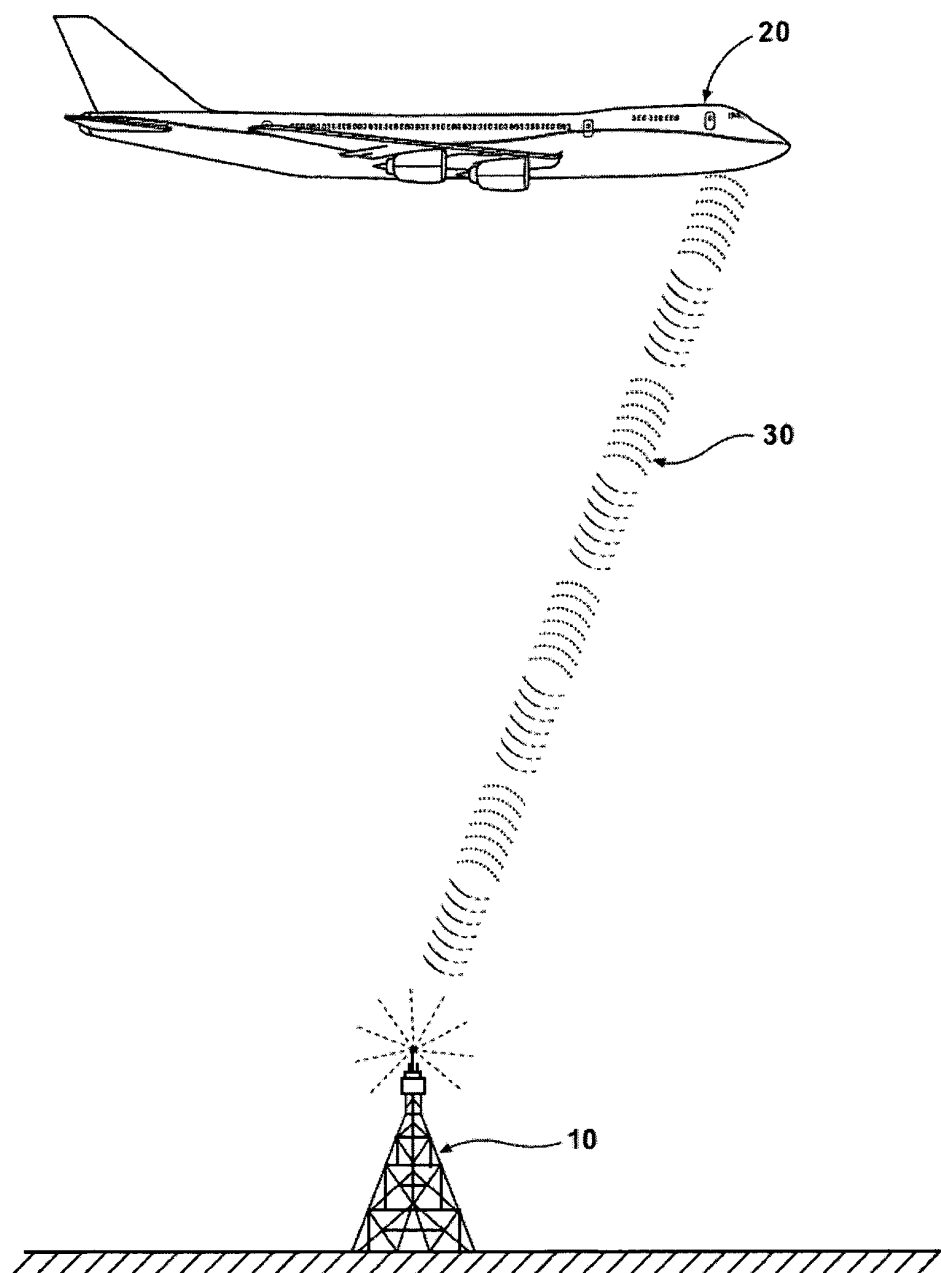
6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 5, em que a
25 determinação do custo de combustível (208) compreende determinar uma queima de combustível da aeronave durante o segmento de não nível e determinar o custo de tempo (208) e compreende determinar um tempo tomado para atravessar a trajetória prevista do segmento de não nível.

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 5, em que a remoção de pontos de dados meteorológicos redundantes (200) compreende remover dados meteorológicos em altitudes em que os dados meteorológicos são substancialmente iguais aos dados meteorológicos em uma altitude mais alta adjacente e em uma altitude inferior adjacente.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 5, em que a seleção do subconjunto de dados meteorológicos (204) compreende selecionar elementos de dados de vento em cada subconjunto, de modo que nenhum dos dois subconjuntos selecionados seja idêntico.

9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 5, em que a determinação de um erro de queima de combustível pesado e tempo (208) compreende subtrair o custo de combustível do subconjunto do custo de combustível e multiplicar o valor por uma primeira constante predeterminada e adicionar o valor de uma segunda constante predeterminada, multiplicando o valor da diferença entre o custo de tempo de subconjunto e o custo de tempo ($C0 \times (\text{custo de combustível} - \text{custo de combustível de subconjunto}) + C1 \times (\text{custo de tempo} - \text{custo de tempo de subconjunto})$).

10. MÉTODO, de acordo com qualquer reivindicação de 1 a 9, que compreende, ainda, a etapa de transmitir o subconjunto de dados meteorológicos para a aeronave.

**Fig. 1**

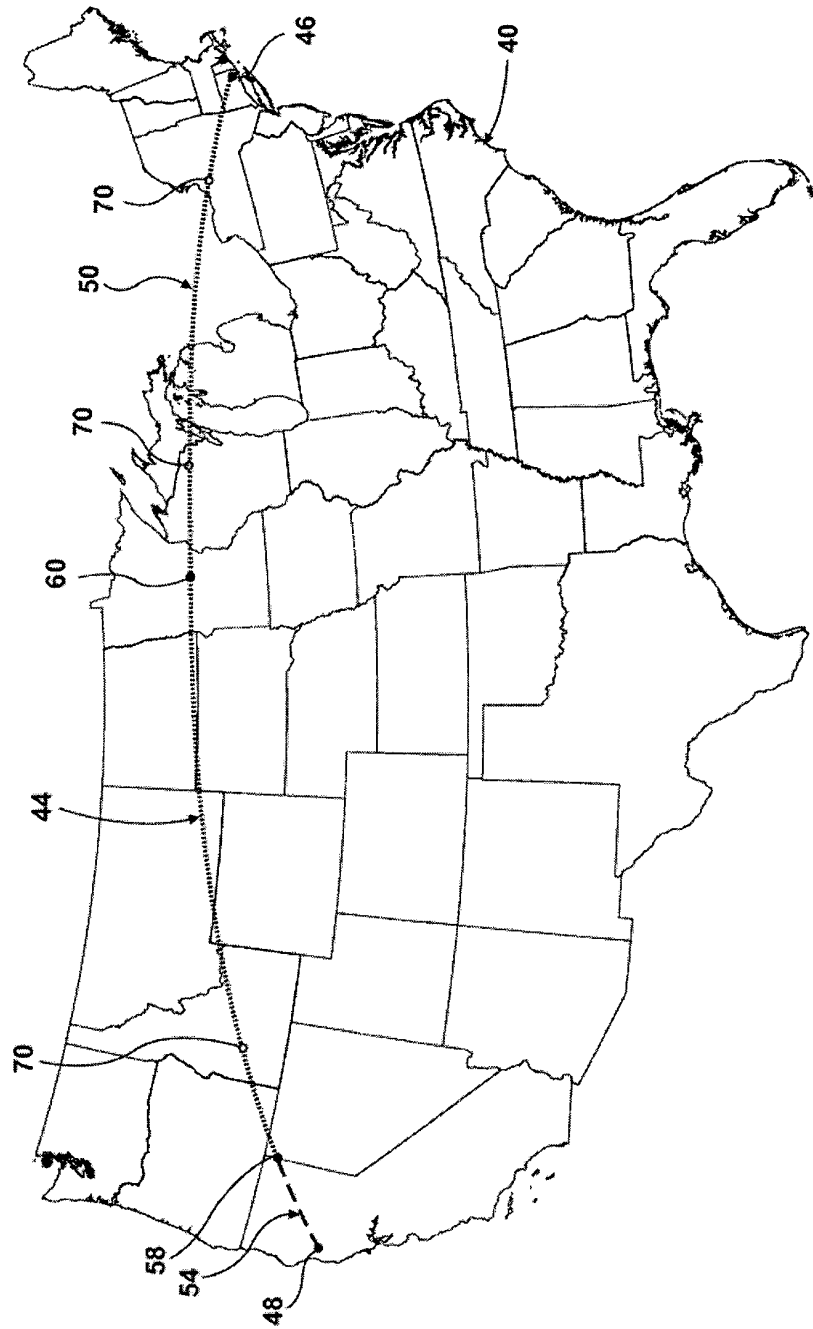


Fig. 2

100

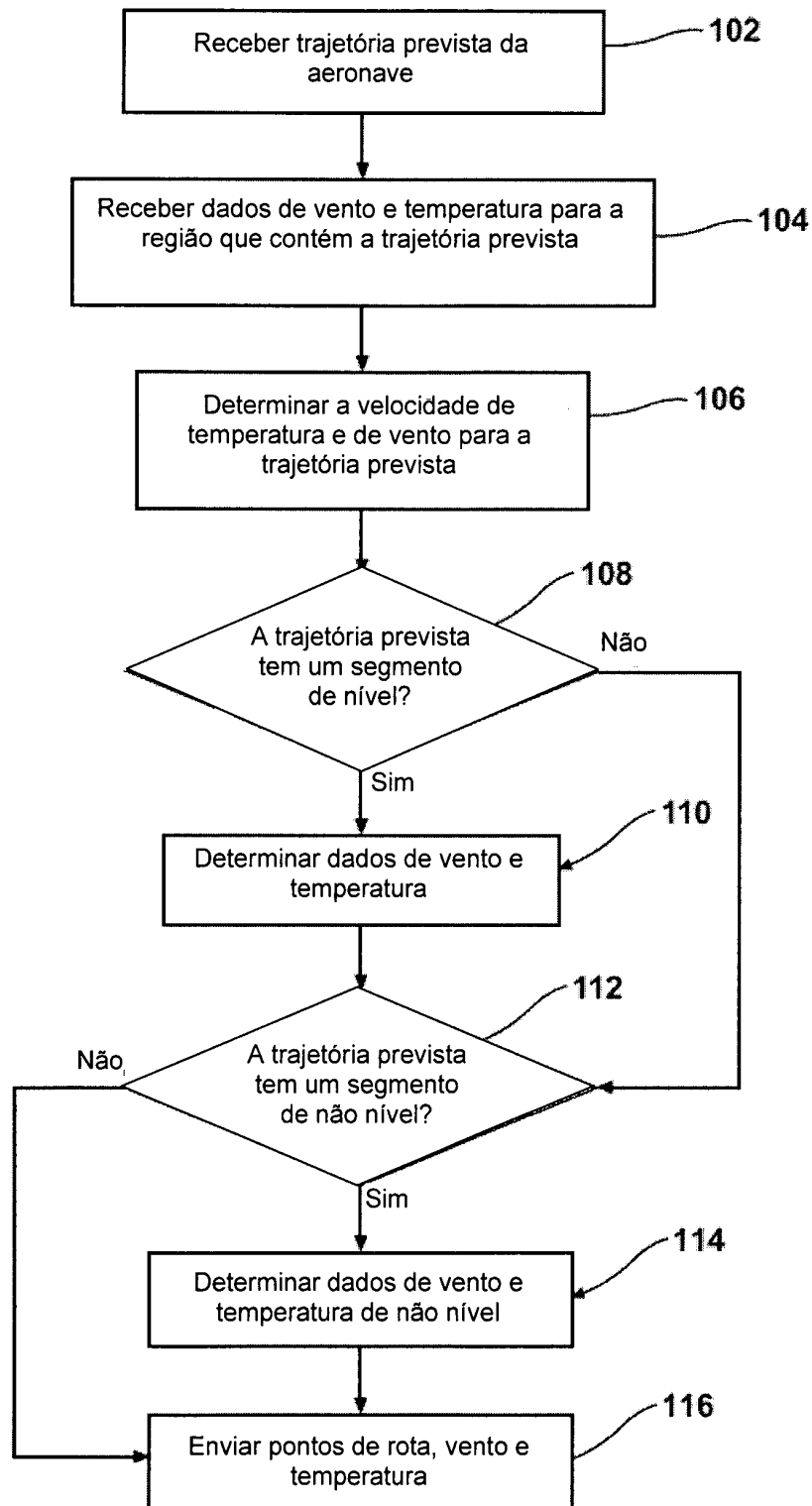
**Fig. 3**



Fig. 4

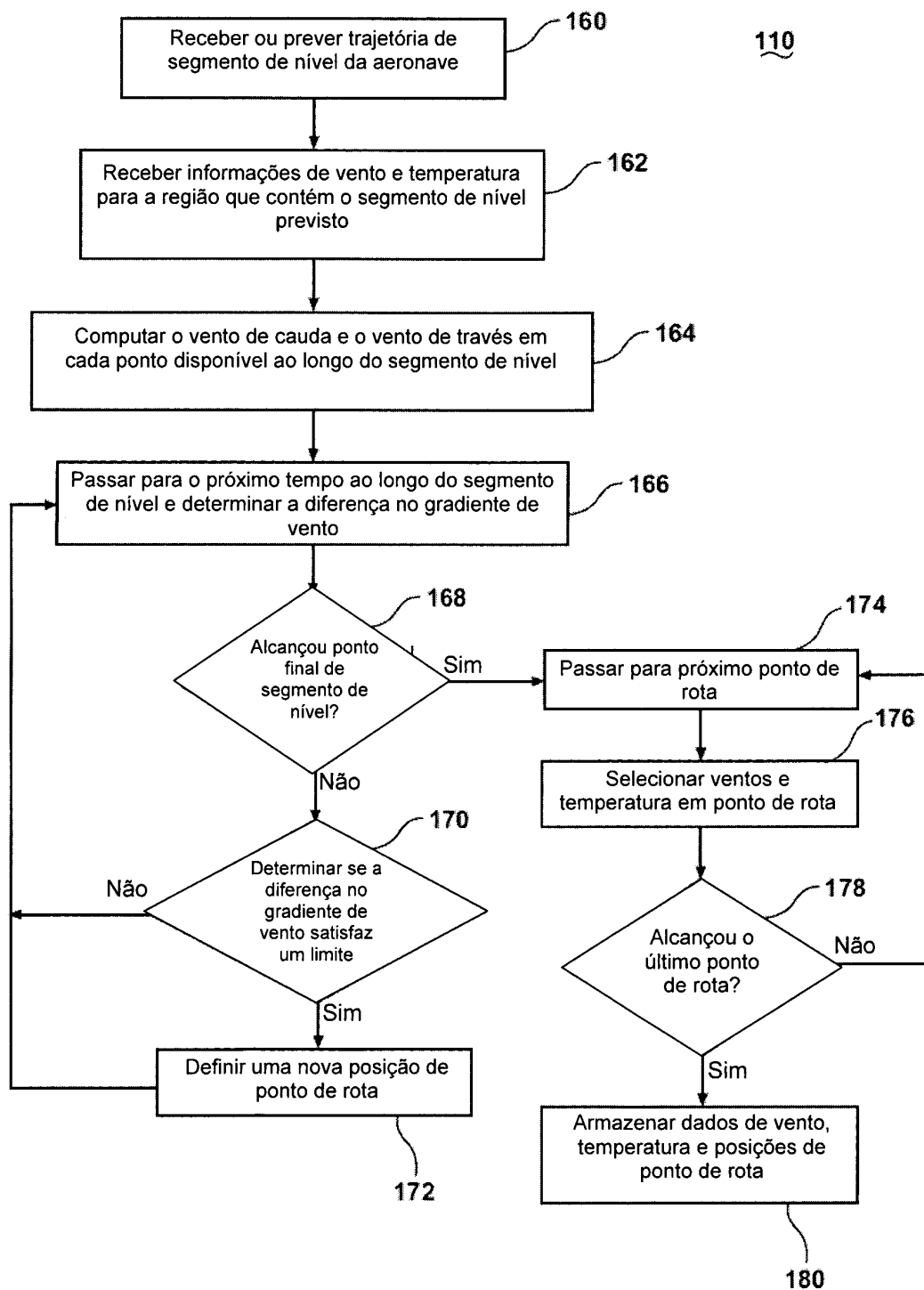


Fig. 5

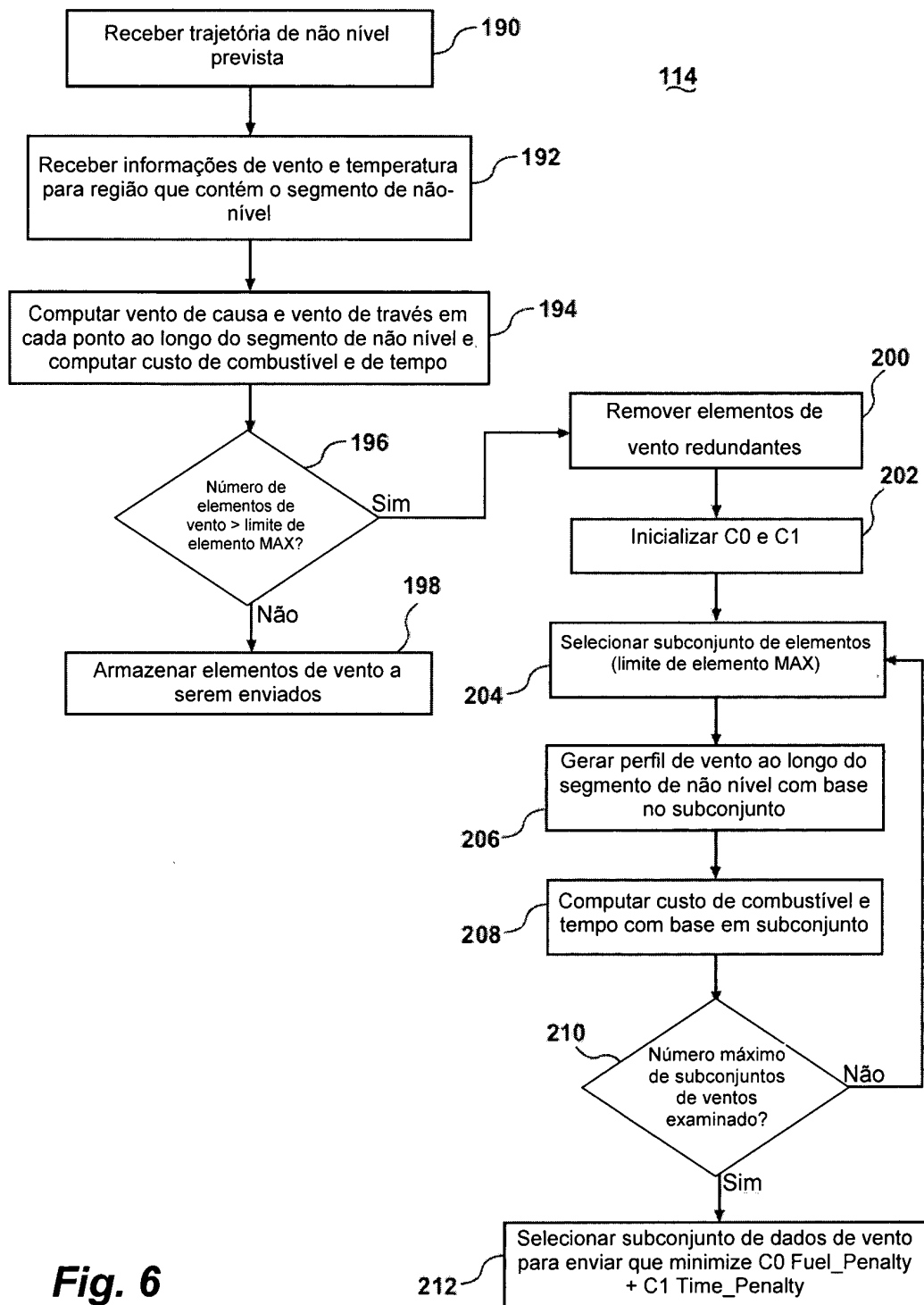
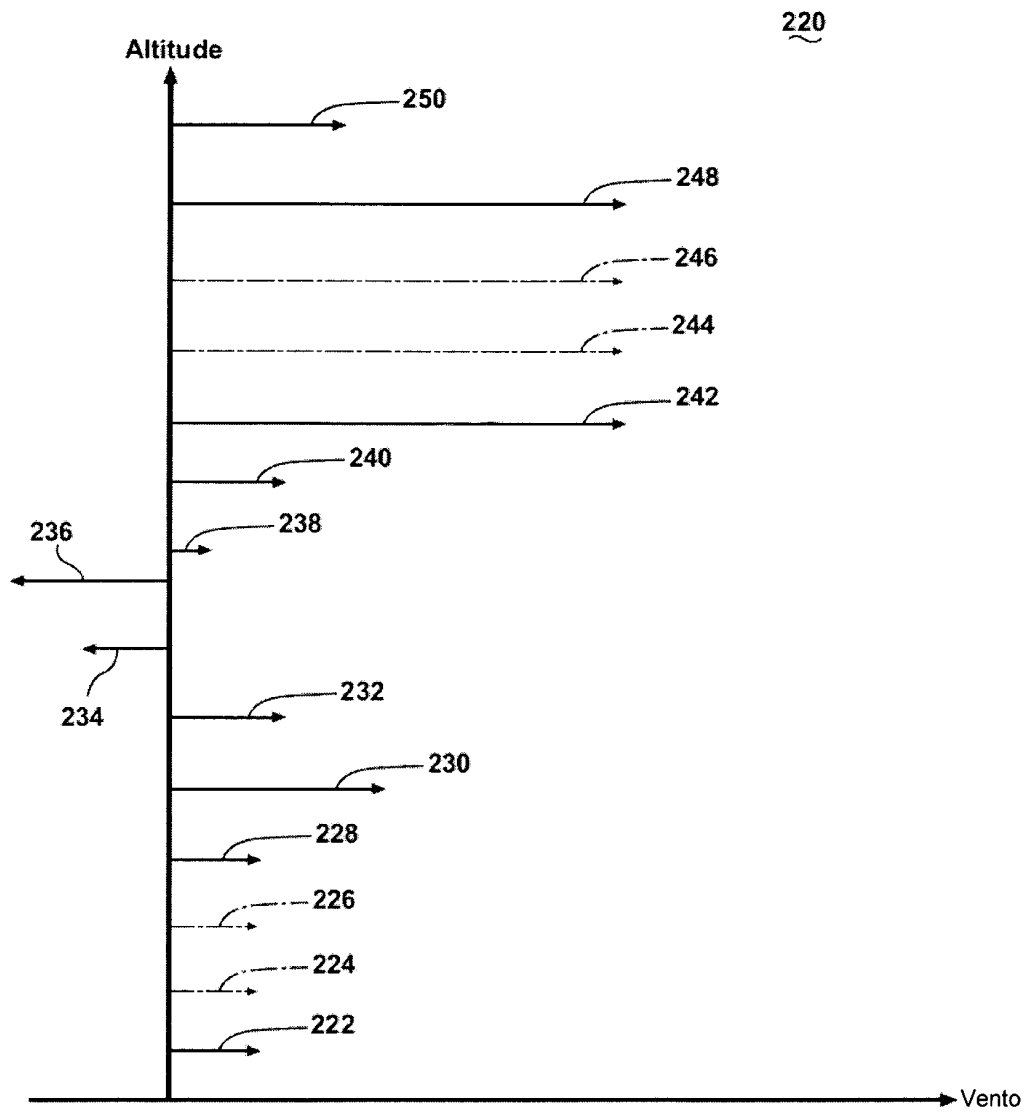


Fig. 6

**Fig. 7**

RESUMO**“MÉTODO PARA SELEÇÃO EM UM PROCESSADOR E ARMAZENAMENTO
EM UM MEIO NÃO TRANSITÓRIO DE UM SUBCONJUNTO DE DADOS
METEOROLÓGICOS DISPONÍVEIS”**

5 Trata-se de um método para selecionar e armazenar um
subconjunto de dados meteorológicos disponíveis (100) ao longo de uma
trajetória prevista (44) de uma aeronave e relevante para a trajetória prevista
que inclui determinar pseudopontos de rota (70) e dados meteorológicos
relacionados que dizem respeito a um segmento de nível da trajetória (50), e
10 selecionar os pontos de dados meteorológicos (110), minimizando o erro de
queima de combustível pesado e tempo em relação a um segmento de não
nível da trajetória (54).