



**República Federativa do Brasil**

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**(11) BR 102017002018-5 B1**

**(22) Data do Depósito:** 31/01/2017

**(45) Data de Concessão:** 05/12/2023

---

**(54) Título:** MÉTODO PARA EVITAR CONTATO DA CAUDA DE UMA AERONAVE COM O CHÃO

**(51) Int.Cl.:** B64C 19/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 22/02/2016 US 15/050296.

**(73) Titular(es):** THE BOEING COMPANY.

**(72) Inventor(es):** DAVID P. EGGOLD; TRISTAN C. FLANZER.

**(57) Resumo:** Sistemas e métodos de acordo com uma ou mais modalidades são providos para limitar comandos de deflexão do elevador para evitar que o corpo traseiro de uma aeronave faça contato com o chão durante uma manobra de pouso. Em um exemplo, um sistema inclui uma memória configurada para armazenar uma pluralidade de instruções executáveis e um processador. O processador é configurado para determinar um perfil de descida e um perfil de arfagem atual. Um perfil de arfagem máxima predeterminado associado ao perfil de descida é usado para comparar com o perfil de arfagem atual. A comparação é usada para computar um valor de deflexão do elevador que limita um sinal de comando do elevador a fim de evitar uma colisão de cauda. Sistemas e métodos adicionais são também providos.

## “MÉTODO PARA EVITAR CONTATO DA CAUDA DE UMA AERONAVE COM O CHÃO”

### CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção se refere no geral a controle de voo de aeronave e, mais particularmente, por exemplo, a evitar que a cauda da aeronave faça contato com o chão.

### FUNDAMENTOS

[002] No campo de controle de aeronave, existe um esforço contínuo de melhorar métodos para evitar colisão de cauda. Uma colisão de cauda é um evento onde o corpo traseiro de um avião faz contato com a pista de pouso e decolagem durante decolagem, pouso ou arremetida. Colisões de cauda impõem um custo econômico nas linhas aéreas porque, quando elas ocorrem, a aeronave tem que ser retirada de serviço para ser inspecionada e, se necessário, reparada. Colisões de cauda são raras e podem tipicamente ser evitadas por meio de operação adequada da aeronave. Quando operação adequada não é mantida, não é possível, ou fatores ambientais prevalecem, uma lei de controle pode dar proteção para o corpo traseiro.

### SUMÁRIO

[003] Sistemas e métodos são descritos aqui de acordo com uma ou mais modalidades que fornecem uma abordagem melhorada para evitar que a cauda da aeronave colida durante manobras de pouso. Em algumas modalidades, um perfil de arfagem máxima pode ser determinado para limitar um comando de deflexão do elevador para evitar uma colisão de cauda. Em um exemplo, uma geometria de aeronave é usada para determinar um perfil de arfagem máxima pré-definido. O perfil de arfagem máxima é comparado com um perfil de arfagem atual para determinar um perfil de arfagem atual em excesso. O perfil de arfagem atual em excesso é convertido em um valor de deflexão do elevador incremental pela multiplicação com um termo de ganho proporcional. Um valor de deflexão do elevador atual atrasado é

somado com o valor de deflexão do elevador incremental para produzir um limite de deflexão do elevador de nariz em cima.

[004] Em uma modalidade, um método inclui determinar um perfil de descida da aeronave com base em uma altitude atual e uma velocidade vertical atual de uma aeronave; determinar um perfil de arfagem máxima associado ao perfil de descida; determinar um perfil de arfagem atual com base em uma atitude de arfagem atual e uma taxa de arfagem atual da aeronave; comparar o perfil de arfagem atual com o perfil de arfagem máxima para determinar um perfil de arfagem atual em excesso; e limitar um sinal de comando do elevador com base na comparação para reduzir a probabilidade de uma colisão de cauda da aeronave.

[005] Em uma outra modalidade, um sistema inclui uma memória compreendendo uma pluralidade de instruções executáveis; e um processador adaptado para executar as instruções para: determinar um perfil de descida com base em uma altitude atual e uma velocidade vertical atual de uma aeronave; determinar um perfil de arfagem máxima associado ao perfil de descida; determinar um perfil de arfagem atual com base em uma atitude de arfagem atual e uma taxa de arfagem atual da aeronave; comparar o perfil de arfagem atual com o perfil de arfagem máxima para determinar um perfil de arfagem atual em excesso; e limitar um sinal de comando do elevador com base na comparação.

[006] O escopo da invenção é definido pelas reivindicações, que estão incorporadas nessa seção por referência. Um entendimento mais completo de modalidades da invenção será proporcionado aos versados na técnica, bem como uma percepção de vantagens adicionais da mesma, por uma consideração da descrição detalhada seguinte de uma ou mais modalidades. Referência será feita às folhas anexas dos desenhos que serão primeiramente descritos resumidamente.

## BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[007] Fig. 1 ilustra um diagrama de uma aeronave em uma manobra de pouso de acordo com uma modalidade da descrição.

[008] Fig. 2 ilustra um diagrama de blocos de um sistema de controle de voo de aeronave de acordo com uma modalidade da descrição.

[009] Figs. 3A e 3B ilustram processos para limitar seletivamente deflexão do elevador para evitar colisões de cauda por uma aeronave de acordo com modalidades da descrição.

[0010] Fig. 4 ilustra um gráfico de limite de perfil de arfagem máximas de acordo com uma modalidade da descrição.

[0011] Figs. 5A a 5C ilustram gráficos de sequência de tempo de uma manobra de pouso de aeronave de acordo com modalidades da descrição.

[0012] Modalidades da presente invenção e suas vantagens são mais bem entendidas pela referência à descrição detalhada seguinte. Deve-se perceber que números de referência iguais são usados para identificar elementos iguais ilustrados em uma ou mais das figuras.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[0013] Técnicas são providas para evitar uma colisão de cauda durante uma manobra de pouso de aeronave determinando um máximo grau de deflexão permissível do elevador para impedir que o corpo traseiro da aeronave faça contato com o chão. O elevador é uma superfície de controle primária de uma aeronave, provendo controle longitudinal. O elevador é tipo flape e é defletido para cima e para baixo. O principal objetivo de deflexão do elevador é aumentar ou diminuir a sustentação do plano de cauda e momento de arfagem do plano de cauda. Uma deflexão do elevador negativa gera um movimento de arfagem positivo que faz com que a cauda da aeronave gire para baixo. Uma deflexão do elevador positiva gera um movimento de arfagem negativo fazendo com que a cauda da aeronave gire para cima.

[0014] Em várias modalidades, um sistema para evitar colisão de cauda determina um máximo grau de deflexão permissível do elevador com

base em um perfil de descida e um perfil de arfagem atual. O perfil de descida pode ser calculado, por exemplo, com base em uma altitude atual e uma velocidade vertical atual. A altitude atual (por exemplo, uma altitude atual de um trem de aterrissagem da aeronave até uma superfície da pista de pouso e decolagem) pode ser determinada, pelo menos em parte, a partir de um sinal de medição de radioaltímetro e/ou vários outros sensores capazes de prover sinais de medição de altitude. A velocidade vertical atual pode ser determinada a partir de um sinal de medição do sensor de velocidade vertical. O perfil de arfagem atual pode ser calculado com base em uma atitude de arfagem e uma taxa de arfagem. Atitude de arfagem pode ser determinada a partir de um sinal de medição do sensor de atitude de arfagem e taxa de arfagem pode ser determinada a partir de um sinal de medição do sensor de taxa de arfagem.

[0015] Além disso, o perfil de descida e o perfil de arfagem atual podem ser usados para determinar um perfil de arfagem máxima e um valor do perfil de arfagem em excesso. Um perfil de arfagem máxima pré-definido pode ser determinado, por exemplo, com base no perfil de descida. O perfil de arfagem máxima pode ser comparado com o perfil de arfagem atual para determinar um valor do perfil de arfagem em excesso. O valor do perfil de arfagem em excesso é convertido em um máximo grau de deflexão permissível do elevador. O máximo grau de deflexão permissível do elevador é usado para limitar um sinal de comando do elevador para impedir que o corpo traseiro da aeronave faça contato com o chão.

[0016] Em várias modalidades, as técnicas de processamento descritas aqui podem ser vantajosamente usadas para permitir que uma aeronave, tal como uma aeronave de corpo longo comercial, use uma mais baixa velocidade de aproximação de pouso do que seria de outra forma necessária para evitar colisões de cauda. Um piloto pode contar com uma maior velocidade de pouso para evitar uma colisão de cauda em sistemas

convencionais. Velocidades mais baixas de aproximação podem ter um efeito positivo em inúmeros de sistemas de aeronave e métrica de desempenho incluindo comprimento do campo de pouso, alta sustentação e ruído.

[0017] Fig. 1 ilustra um diagrama de uma aeronave 100 em uma manobra de pouso de acordo com uma modalidade da descrição. Em algumas modalidades, a aeronave 100 da Fig. 1 pode ser aeronave comercial de grande de corpo longo. Em outras modalidades, a aeronave 100 pode ser qualquer aeronave, por exemplo, usando uma superfície da pista de pouso e decolagem 102 para uma manobra de pouso. Como mostrado na Fig. 1, a aeronave 100 pode ser orientada acima da superfície da pista de pouso e decolagem 102 em uma posição alargada. A este respeito, a fuselagem 104 pode ser orientada com uma atitude de arfagem positiva (por exemplo, +) 106 em relação a um horizonte 108. Atitude de arfagem positiva 106 pode corresponder ao nariz em cima da aeronave 100, e o corpo traseiro 142 em uma rotação descendente em direção à superfície da pista de pouso e decolagem 102. Além disso, a aeronave 100 pode estar girando em torno de um centro de gravidade 110 em um momento de arfagem longitudinal 112 a uma taxa de arfagem 114. Taxa de arfagem 114, pelo menos em parte, depende da magnitude de mudança de deflexão do elevador negativa 120 e/ou deflexão do elevador positiva 122.

[0018] Em algumas modalidades, um piloto e/ou copiloto da aeronave pode(m) exercer uma força na coluna de controle para gerar um sinal de comando de deflexão do elevador (por exemplo, tal como sinal de comando do elevador 320 da Fig. 3) para ajustar um elevador 116. Em outras modalidades, um piloto automático pode gerar um sinal de comando de deflexão do elevador para ajustar um elevador 116. O sinal de comando do elevador pode comandar o elevador 116 a responder com uma deflexão do elevador negativa 120 gerando um momento de arfagem positivo (por exemplo, nariz em cima) 112. Uma deflexão do elevador negativa 120 pode fazer com que o corpo traseiro 142 da aeronave 100 gire em uma direção

descendente em direção à superfície da pista de pouso e decolagem 102 e reduza a folga da altura da cauda 143 com a superfície da pista de pouso e decolagem 102. Sinal de comando do elevador pode comandar o elevador 116 a responder com uma deflexão do elevador positiva 122 gerando um momento de arfagem negativo (por exemplo, nariz para baixo) 112. Uma deflexão do elevador positiva 122 pode fazer com que o corpo traseiro 142 da aeronave 100 gire em uma direção ascendente para fora da superfície da pista de pouso e decolagem 102 e aumentar a folga da altura da cauda 143 com a superfície da pista de pouso e decolagem 102. O elevador 116 pode ser mecanicamente acoplado a um estabilizador horizontal 118. Estabilizador horizontal pode ser mecanicamente acoplado na fuselagem 104 no corpo traseiro 142 da aeronave 100.

[0019] Como mostrado na Fig. 1, a aeronave 100 pode estar descendo em direção à pista de pouso e decolagem 102 com trem de aterrissagem do nariz 126 e trem de aterrissagem principal 128 totalmente estendidos. O sinal de medição do radioaltímetro 160 fornece uma distância de uma superfície inferior 105 na parte dianteira da aeronave 100 até a superfície da pista de pouso e decolagem 102. Sinal de medição do radioaltímetro pode ser usado, em parte, para computar uma distância do trem de aterrissagem principal 128 até a superfície da pista de pouso e decolagem 102. Distância do trem de aterrissagem principal 128 até a superfície da pista de pouso e decolagem 102 (por exemplo, altura do mecanismo) pode ser determinada, em parte, usando sinais de medição de radioaltímetro 160. Uma conversão do radioaltímetro 160 para o trem de aterrissagem 128 pode ser calculada para prover uma medição de altura do mecanismo (por exemplo, altitude atual). Uma conversão do sinal de medição do radioaltímetro 160 para trem de aterrissagem principal 128 pode incluir, por exemplo, um comprimento determinado por uma distância de uma superfície inferior 133 do trem de aterrissagem principal estendido 128 até a superfície inferior 105 de

fuselagem 104. Além disso, dados de movimento inercial (por exemplo, uma velocidade vertical 124, e uma atitude de arfagem 106) podem ser combinados com o comprimento para determinar uma altitude atual 129. Velocidade vertical 124 pode prover uma razão de fechamento (por exemplo, uma razão de afundamento) na superfície da pista de pouso e decolagem 102 durante descida da aeronave 100.

[0020] Como mostrado na Fig. 1, um ângulo de trajetória de voo negativo 134 pode ser determinado como o ângulo de uma velocidade aerodinâmica do avião 136 com o horizonte 108 à medida que a aeronave 100 está descendo. Em algumas modalidades, velocidade aerodinâmica 136 pode ser a velocidade aerodinâmica indicada da aeronave 100 durante descida em direção à pista de pouso e decolagem 102. Aileron 138 pode ser mecanicamente acoplado na asa 132 para prover uma mudança para rolagem da aeronave 100. Estabilizador vertical 140 pode ser mecanicamente acoplado na fuselagem 104 para prover um controle de guinada da aeronave 100.

[0021] Fig. 2 ilustra um diagrama de blocos de um sistema de controle de voo de aeronave 200 da aeronave 100 de acordo com uma modalidade da descrição. O sistema de controle de voo 200 pode ser usado para receber sinais de medição do sensor de vários sensores no sistema de controle de voo 200 para determinar atitude de arfagem 106, taxa de arfagem 114, velocidade vertical 124 e altitude atual 129 da aeronave, entre outros parâmetros da aeronave. Sistema de controle de voo 200 pode ser usado para computar um ou mais dos valores de perfil de descida e/ou de arfagem e determinar um limite para uma deflexão do elevador com base em perfis de arfagem e descida de acordo com várias técnicas descritas aqui. Em uma modalidade, vários componentes de sistema de controle de voo 200 podem ser distribuídos na aeronave 100. Em uma modalidade, o sistema de controle de voo 200 inclui um processador 210, um controle do piloto 220, uma memória 230, um visor 240, um sensor de atitude de arfagem 250, um sensor de taxa de

arfagem 255, um radioaltímetro 160, um sensor de velocidade vertical 270, um sensor de aceleração vertical 280, e outros componentes 290.

[0022] Processador 210 pode incluir, por exemplo, um microprocessador, um processador de núcleo único, um processador de núcleos múltiplos, um microcontrolador, um dispositivo de lógica (por exemplo, um dispositivo de lógica programável configurado para realizar operações de processamento), um dispositivo de processamento de sinal digital (DSP), uma ou mais memórias para armazenar instruções executáveis (por exemplo, software, firmware, ou outras instruções), e/ou qualquer outra combinação apropriada de dispositivo de processamento e/ou memória para executar instruções para realizar qualquer das várias operações descritas aqui. Processador 210 é adaptado para fazer interface e comunicar com componentes 160, 220, 230, 240, 250, 255, 270 e 280 para realizar o método e etapas de processamento descritas aqui.

[0023] Em várias modalidades, deve-se perceber que operações de processamento e/ou instruções podem ser integradas em software e/ou hardware como parte do processador 210, ou código (por exemplo, dados de software ou de configuração) que podem ser armazenados em memória 230. Modalidades de operações e/ou instruções de processamento descritas aqui podem ser armazenadas por um meio legível por máquina 213 de uma maneira não transitória (por exemplo, uma memória, um disco rígido, um disco compacto, um disco de vídeo digital, ou uma memória flash) a ser executadas por um computador (por exemplo, sistema com base em lógica ou processador) para realizar vários métodos descritos aqui.

[0024] Em várias modalidades, o meio legível por máquina 213 pode ser incluída como parte do sistema de controle de voo 200 e/ou separada do sistema de controle de voo 200, com instruções armazenadas providas ao sistema de controle de voo 200 acoplando o meio legível por máquina 213 ao sistema de controle de voo 200 e/ou pelo sistema de controle de voo 200

transferindo (por exemplo, por meio de uma ligação com ou sem fio) as instruções do meio legível por máquina (por exemplo, contendo a informação não transitória).

[0025] A memória 230 inclui, em uma modalidade, um ou mais dispositivos de memória (por exemplo, uma ou mais memórias) para armazenar dados e informação. Um ou mais dispositivos de memória podem incluir vários tipos de memória incluindo dispositivos de memória volátil e não volátil, tais como RAM (Memória de Acesso Aleatório), ROM (Memória Apenas de Leitura), EEPROM (Memória Apenas de Leitura Eletricamente Apagável), memória flash, ou outros tipos de memória. Em uma modalidade, o processador 210 é adaptado para executar software armazenado em memória 230 e/ou meio legível por máquina 213 para realizar vários métodos, processos e operações de uma maneira descrita aqui.

[0026] O sistema de controle de voo 200 inclui, em uma modalidade, um ou mais sensores para prover sinais de dados de controle de voo ao processador 210. Em uma modalidade, sensores incluem um sensor de atitude de arfagem 250, um sensor de taxa de arfagem 255, um sensor de velocidade vertical 270, um sensor de aceleração vertical 280 e um radioaltímetro 160. Sensores de sistema de controle de voo 200 provido para sensorear movimento inercial (por exemplo, sinais de medição de movimento inercial dos sensores 250, 255, 270 e/ou 280) e altitude (por exemplo, sinais de medição de altitude de radioaltímetro 160) da aeronave 100. Em algumas modalidades, sensores 250, 255, 270, 280 e/ou 160 podem ser implementados como dispositivos de hardware discretos. Sensores podem prover sinais de medição do sensor (por exemplo, dados de sensor) para computar valores dos perfis de descida e arfagem, por exemplo, altitude atual 129, velocidade vertical 124, atitude de arfagem atual 106 e taxa de arfagem atual 114.

[0027] O processador 210 pode ser adaptado para receber dados de sensor dos sensores, processar dados do sensor, armazenar dados de sensor

em memória 230 e/ou recuperar dados de sensor armazenados da memória 230. Em vários aspectos, sensores podem ser remotamente posicionados e o processador 210 pode ser adaptado para receber remotamente sinais de medição do sensor de sensores por meio de barramentos de comunicação com ou sem fio na aeronave 100. O processador 210 pode ser adaptado para processar dados de sensor armazenados em memória 230 para prover dados de sensor ao visor 240 para visualização por um usuário.

[0028] O visor 240 inclui, em uma modalidade, um dispositivo de exibição (por exemplo, um visor de cristal líquido (LCD)) ou vários outros tipos de exibições de vídeo, visores e/ou calibres no geral conhecidos para uso com sistema de controle de voo de aeronave 200. Processador 210 pode ser adaptado para exibir dados e informação do sensor no visor 240. Processador 210 pode ser adaptado para recuperar dados e informação do sensor da memória 230 e exibir qualquer dado e informação de sensor recuperados no visor 240. O visor 240 pode incluir componentes eletrônicos de visor que podem ser utilizados pelo processador 210 para exibir dados e informação de sensor. O visor 240 pode receber dados e informação de sensor diretamente de um ou mais sensores (por exemplo, sensores 250, 255, 160, 270 e/ou 280) por meio do processador 210, ou os dados e informação de sensor podem ser transferidos da memória 230 por meio do processador 210.

[0029] Controles do piloto 220 incluem, em uma modalidade, um dispositivo de entrada e/ou interface de usuário com um ou mais componentes atuados pelo usuário, tal como um bastão, uma culatra e/ou outros dispositivos de controle que são adaptados para gerar um ou mais sinais de controle de entrada atuados pelo usuário. Em uma outra modalidade, os controles do piloto 220 incluem um sistema de piloto automático que fornece os sinais de controle iguais ou similares. Processador 210 pode ser adaptado para detectar sinais de entrada de controle de controles do piloto 220 e responder a qualquer sinal de entrada de controle detectado recebido dele. Por

exemplo, em algumas modalidades, controles do piloto 220 podem fornecer sinais de entrada de controle por meio de um dispositivo de controle para ajustar superfícies de controle de voo primárias. Em várias modalidades, deve-se perceber que controles do piloto 220 podem ser adaptados para incluir um ou mais outros mecanismos ativados pelo usuário para prover várias outras operações de controle do sistema de controle de voo 200, tais como navegação, comunicação, controle de arfagem, controle de rolamento, controle de guinada, controle de empuxo e/ou vários outros recursos e/ou parâmetros.

[0030] Outros tipos de controles do piloto 220 podem ser contemplados, tais como, uma interface gráfica do usuário (GUI), que pode ser integrada como parte do visor 240 (por exemplo, uma tela sensível ao toque atuada pelo usuário), tendo uma ou mais imagens dos mecanismos ativados pelo usuário (por exemplo, botões, botões rotativos, corrediços ou outros), que são adaptados para fazer interface com um usuário e receber sinais de controle de entrada do usuário por meio do visor 240. Como um exemplo para uma ou mais modalidades, como discutido adicionalmente aqui, o visor 240 e os controles do piloto 220 podem representar porções apropriadas de um tablet, um computador portátil, um computador de mesa, ou outro tipo de dispositivo. Além disso, controles do piloto 220 podem ser adaptados para ser integrados como parte do visor 240 para operar tanto como um dispositivo de entrada do usuário quanto como um dispositivo de exibição, tal como, por exemplo, um dispositivo de tela sensível ao toque adaptado para receber sinais de entrada de um usuário que toca diferentes partes da tela do visor.

[0031] Atuadores de superfície de controle de voo 285 incluem, em uma modalidade, atuadores para controlar superfícies de controle de voo primárias da aeronave 100. Superfícies de controle de voo primárias podem incluir elevador 116. Em algumas modalidades, um piloto e/ou copiloto

podem ajustar uma atitude de arfagem longitudinal 106 da aeronave 100 aplicando uma força ou posição de coluna de controle para ajustar o elevador 116 do estabilizador horizontal 118. A força da coluna de controle pode gerar um sinal de comando do elevador (por exemplo, tal como sinal de comando do elevador 320 da Fig. 3) para ajustar uma deflexão do elevador (por exemplo, deflexão do elevador 120 e/ou 122). Em outras modalidades, um sistema de piloto automático (por exemplo, provido como parte dos controles do piloto 220) pode gerar um sinal de comando do elevador para ajustar uma deflexão do elevador 120 e/ou 122. Processador 210 pode receber sinal de comando do elevador 320 e fornecer um sinal de deflexão do elevador correspondente (por exemplo, tal como sinal de deflexão do elevador 326 da Fig. 3B provido ao um atuador do elevador) para ajustar o elevador 116 de estabilizador horizontal 118.

[0032] Outras superfícies de controle de voo primárias podem ser localizadas na asa 132 e no estabilizador vertical 140. O processador 210 pode receber um comando dos controles do piloto 220 para ajustar um aileron 138 acoplado na asa 132 para prover uma mudança para rolamento da aeronave 100. Processador 210 pode receber um comando dos controles do piloto 220 para ajustar o estabilizador vertical 140 (por exemplo, pelo ajuste de um leme móvel como parte do estabilizador vertical 140) para prover um controle de guinada da aeronave 100.

[0033] Em uma outra modalidade, o sistema de controle de voo 200 pode incluir outros componentes 290, incluindo sensores ambientais e/ou operacionais, dependendo da aplicação ou implementação detectada, que fornecem informação ao processador 210 (por exemplo, recebendo sinais de medição do sensor de cada dos outros componentes 290). Em uma modalidade, outros componentes 290 podem incluir uma comutador discreta (por exemplo, tal como comutador 322 da Fig. 3B). A comutador discreta 322 pode ser controlada por processador 210 para acoplar e/ou desacoplar o sinal

de comando do elevador 320 do limitador 319 para ativar evitar colisão de cauda. Em várias modalidades, outros componentes 290 podem ser adaptados para prover dados de sinal e informação relacionada com condições operacionais e/ou ambientais, tais como condições de temperatura interna e/ou externa, condições de iluminação (por exemplo, sinalizadores montados na asa 132 e/ou fuselagem 104) e/ou distância (por exemplo, telêmetro laser). Dessa maneira, outros componentes 290 podem incluir um ou mais sensores convencionais como seria de conhecimento dos versados na técnica para visorar várias condições (por exemplo, condições ambientais e/ou operacionais) na aeronave 100.

[0034] Figs. 3A e 3B ilustram processos para seletivamente limitar deflexão do elevador para evitar colisões de cauda pela uma aeronave 100 de acordo com modalidades da descrição. Em várias modalidades, os processos das Figs. 3A e 3B podem ser realizados, por exemplo, pelo processador 210 da aeronave 100. Em particular, a Fig. 3A ilustra um fluxo de processo geral, e a Fig. 3B fornece detalhes adicionais das várias operações. Dessa maneira, Fig. 3A e Fig. 3B serão descritas uma em relação à outra. Durante os processos das Figs. 3A e 3B, vários valores de dados podem ser determinados a partir de um ou mais sensores e/ou calculados como discutido adicionalmente aqui.

[0035] No bloco 350 da Fig. 3A, um perfil de descida H' 302 pode ser computado para determinar a posição de trem de aterrissagem 128 no futuro imediato em relação à pista de pouso e decolagem 102. O perfil de descida H' 302 pode ser determinado combinando-se uma altitude atual de trem de aterrissagem principal 128 e uma velocidade vertical atual do trem de aterrissagem 128. A altitude atual 129 pode ser calculada combinando o sinal de medição do radioaltímetro 160 com dados de movimento inercial (por exemplo, dados de movimento inercial providos, por exemplo, pelo sensor de atitude de arfagem 250, sensor de taxa de arfagem 255, sensor de velocidade

vertical 270 e/ou sensor de aceleração vertical 280), como descrito aqui. Velocidade vertical atual 124 pode ser provida ao processador 210 pelo sinal de medição do sensor de velocidade vertical 270. A velocidade vertical 124 pode ser multiplicada por um termo de ganho na computação do perfil de descida  $H'$  302.

[0036] No bloco 355, um perfil de arfagem máxima predeterminado 304 pode ser determinado a partir de uma tabela de busca  $\theta'$  vs  $H'$  303, usando o perfil de descida determinado  $H'$  302 do bloco 350. A tabela de busca  $\theta'$  vs  $H'$  303 fornece um relacionamento entre perfil de arfagem máxima 304 e perfil de descida  $H'$  302. A este respeito, à medida que o trem de aterrissagem 128 se aproxima da superfície da pista de pouso e decolagem 102, como indicado pelo valor decrescente do perfil de descida  $H'$  302, o perfil de arfagem máxima 304 diminui, permitindo valor do perfil de arfagem menos positivo  $\theta'$  306 de aeronave 100. A tabela de busca  $\theta'$  vs  $H'$  303 pode incluir uma pluralidade de perfis máximos de arfagem calculados 304, onde cada perfil de arfagem máxima 304 é com base em um correspondente de uma pluralidade de perfis de descida  $H'$  302. Além disso, perfil de arfagem máxima 304 pode depender da geometria da aeronave 100, como descrito aqui.

[0037] Referindo-se à Fig. 3B, em algumas modalidades, o perfil de arfagem máxima 304 pode ser reduzido quando um freio de velocidade montado na asa 305 é estendido. O freio de velocidade montado na asa 305 pode ser atuado por um comando de freio de velocidade do processador 210 para produzir um momento de arfagem positivo (por exemplo, nariz em cima) 112. Portanto, uma redução do perfil de arfagem máxima 304 pode deslocar o momento de arfagem de nariz em cima adicional 112 causado pela atuação do freio de velocidade 305.

[0038] No bloco 360, o processador 210 pode computar um perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 para determinar uma tendência de arfagem da aeronave

100. O perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 pode ser calculado combinando uma atitude de arfagem atual 106 e uma taxa de arfagem atual 114, onde taxa de arfagem 114 pode ser multiplicada por um termo de ganho na computação do perfil de arfagem atual  $\theta'$  306. A este respeito, uma indicação da atitude de arfagem da aeronave 100 no futuro imediato pode ser provida para auxiliar na determinação se uma colisão de cauda é possível. A atitude de arfagem atual 106 pode ser fornecida ao processador 210 por um sinal de medição produzido pelo sensor de atitude de arfagem 250. Taxa de arfagem atual 114 pode ser fornecida ao processador 210 por um sinal de medição produzido pelo sensor de taxa de arfagem 255.

[0039] No bloco 365, o processador 210 pode comparar o perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 com o perfil de arfagem máxima 304 para determinar um perfil de arfagem atual  $\theta'$  308 em excesso. Se houver perfil de arfagem atual  $\theta'$  308 em excesso (por exemplo, perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 é maior que perfil de arfagem máxima 304), a deflexão do elevador pode ser limitada com base no perfil de arfagem máxima 304 para evitar uma colisão de cauda. Além disso, o perfil de arfagem atual  $\theta'$  308 em excesso pode ser multiplicado por um termo de ganho proporcional 310 e o produto pode ser convertido em graus de deflexão do elevador 309.

[0040] Em algumas modalidades, o valor do perfil de arfagem atual  $\theta'$  308 em excesso pode ser integrado e somado com o termo de ganho proporcional 310. A este respeito, perfil de arfagem atual  $\theta'$  308 em excesso pode ser convertido em uma mudança da taxa do elevador por um ganho integral. A mudança da taxa de elevador é integrada para produzir uma saída de posição do elevador (por exemplo, graus de deflexão do elevador). A saída de posição do elevador pode ser somada com o termo de ganho proporcional 310 para produzir graus de deflexão do elevador 309.

[0041] Em algumas modalidades, os graus de deflexão do elevador 309 podem ser verificados para que fiquem dentro de uma faixa de autoridade

total do elevador 311 (rotulado Limitador -30 a 25) para aeronave 100. A autoridade total do elevador 311 fornece a faixa total de deflexão do elevador para aeronave 100. Por exemplo, em algumas modalidades, a autoridade total do elevador 311 da aeronave 100 pode incluir valores de deflexão do elevador inclusive de trinta graus negativos para vinte e cinco graus positivos. A autoridade total do elevador 311 pode depender da geometria da aeronave 100 e outra autoridade total do elevador da aeronave 311 pode ser idêntica, mais baixo, ou maior que a autoridade total do elevador da aeronave 100. A saída de autoridade total do elevador 311 é um comando de limite de deflexão do elevador 312.

[0042] Em algumas modalidades, o comando de limite de deflexão do elevador 312 pode ser somado com uma saída de um filtro de atraso 314 (por exemplo, um sinal de comando do elevador de referência 315) para produzir um valor do limitador de deflexão do elevador 318 que é provido a um bloco limitador 319 (rotulado Limitador). A este respeito, o comando de limite de deflexão do elevador 312 pode incrementar e/ou decrementar o sinal de comando do elevador de referência 315 para produzir o valor do limitador de deflexão do elevador 318. O filtro de atraso 314 pode fornecer uma realimentação de um sinal de deflexão do elevador de saída 326 para produzir sinal de comando do elevador de referência 315 em graus de deflexão do elevador. O filtro de atraso 314 efetivamente produz um sinal de deflexão do elevador de baixa frequência para controlar a aeronave 100 durante uma manobra de pouso.

[0043] Referindo-se à Fig. 3B, perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 é comparado com perfil de arfagem máxima 304 para fornecer um perfil de arfagem atual  $\theta'$  308 em excesso de saída. O perfil de arfagem atual  $\theta'$  308 em excesso é multiplicado pelo termo de ganho proporcional 310 para fornecer graus de deflexão do elevador 309. Em algumas modalidades, graus de deflexão do elevador 309 podem ser comparados com autoridade total do

elevador 311 (rotulado Limitador -30 a 25) para verificar se o valor de deflexão do elevador 309 está dentro da faixa de deflexão do elevador de elevador 116 na aeronave 100. A saída de autoridade total do elevador 311 é comando de limite de deflexão do elevador 312. O comando de limite de deflexão do elevador 312 é somado com o filtro de atraso 314 para produzir o valor do limitador de deflexão do elevador 318. Valor do limitador de deflexão do elevador 318 pode ser provido ao limitador 319 para limitar o sinal de comando do elevador atual 320.

[0044] No bloco 370, o limitador 319 pode limitar o sinal de comando do elevador atual 320. A este respeito, o limitador 319 pode impor um limite mais baixo aos valores de sinal de comando do elevador 320 e valores de sinal de comando do elevador 320 maior que o valor do limitador de deflexão do elevador 318 são providos à saída do limitador 319.

[0045] No bloco 375, o processador 210 pode fornecer um sinal de deflexão do elevador de saída limitado 326 ao elevador 116. Referindo-se à Fig. 3B, o valor mais baixo do limitador de deflexão do elevador 318 pode ser eletricamente acoplado no limitador 319 para limitar o sinal de comando do elevador 320 através do limitador 319. Uma comutador 322 pode ser acoplada no limitador 319 na entrada da comutador 325.

[0046] Novamente referindo-se à Fig. 3B, a comutador 322 pode ser usada para acionar a evitação da colisão de cauda durante manobras de pouso da aeronave 100 e desligar a evitação da colisão de cauda durante outras condições de voo da aeronave 100 tais como manobras de cruzeiro de voo normais. Em uma modalidade, a comutador 322 é implementada em código de software e dados no processador 210 para acionar e desligar a limitação do comando do elevador para evitar colisão de cauda. Em uma outra modalidade, a comutador 322 é implementada como uma comutador discreta física (por exemplo, provida por outros componentes 290). A este respeito, a comutador 322 pode alternar entre receber saída do sinal de comando do elevador 320

diretamente e sinal de comando do elevador 320 limitado pelo valor do limitador de deflexão do elevador 318 no limitador 319. A comutador 322 pode ser eletricamente acoplada no sinal de comando do elevador 320 em uma entrada de comutador 323. A comutador 322 pode ser eletricamente acoplada na saída do bloco limitador 319 em uma entrada da comutador 325. Além disso, uma alavanca de comutação 327 pode ser acoplado no sinal de deflexão do elevador de saída 326 em uma alavanca de comutação 327 da alavanca de comutação 327. O processador 210 pode produzir um sinal elétrico na entrada de comando da comutador 328 para comutar a alavanca de comutação 327 entre entrada da comutador 325 e entrada da comutador 323 em uma segunda extremidade 327b da alavanca de comutação 327.

[0047] Em algumas modalidades, o processador 210 pode ser configurado para atualizar periodicamente o perfil de descida  $H'$  302 e perfil de arfagem atual  $\theta'$  306. Além disso, valores de perfil atualizados  $H'$  302 e  $\theta'$  306 podem ser usados para calcular um valor do limitador de deflexão do elevador atualizado 318, como descrito aqui.

[0048] Assim, de acordo com várias modalidades, sinais de comando do elevador 320 podem ser seletivamente limitados (por exemplo, pela operação do limitador 319) com base na saída do filtro de atraso 314 e vários critérios (por exemplo, perfil de descida  $H'$  302, perfil de arfagem atual  $\theta'$  306, perfil de arfagem máxima 304, graus de deflexão do elevador 309, comando de limite de deflexão do elevador 312 e/ou outros critérios). Em outras modalidades, outros comandos de controle de voo podem ser seletivamente limitados de maneira igual ou similar.

[0049] Fig. 4 ilustra um gráfico de limite 400 de perfis de arfagem máxima 304 de acordo com uma modalidade da descrição. O gráfico de limite 400 fornece um gráfico do relacionamento entre perfil de arfagem máxima 304 e perfil de descida  $H'$  302. O gráfico de limite 400 pode fornecer um gráfico do perfil de arfagem máxima 304 em condições de perfil atuais para

evitar uma colisão de cauda. A este respeito, uma linha inclinada 430 representa o perfil de arfagem máxima 304 com base em um perfil de descida determinado H' 302. Na Fig. 4, a área acima da linha inclinada 430 (por exemplo, área 440) são perfis de arfagem onde o perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 excede o perfil de arfagem máxima 304. A este respeito, perfis de arfagem atuais  $\theta'$  306 na área de 440 podem produzir valores do limitador de deflexão do elevador 318 para gerar deflexão do elevador positiva 122 para evitar uma colisão de cauda. Inversamente, a área abaixo da linha inclinada 430 (por exemplo, área 450) são perfis de arfagem 304 onde perfil de arfagem atual adicional  $\theta'$  306 pode ser permitido até o perfil de arfagem máxima 304 de linha inclinada 430, enquanto evita uma colisão de cauda. Como mostrado na Fig. 4, à medida que a altura do trem de aterrissagem 128 (por exemplo, altura do trem de aterrissagem 128 como parte do perfil de descida H' 302) a partir da superfície da pista de pouso e decolagem 102 aumenta, perfil de arfagem máxima permitido (por exemplo, perfil de arfagem máxima 304 como parte da linha inclinada 403) aumenta.

[0050] Em várias modalidades, os perfis de arfagem máxima 304 dependem do perfil de descida H' 302 e da geometria da aeronave 100. A geometria da aeronave 100 inclui um valor de compressão do trem de aterrissagem é dependente da aeronave. A este respeito, cada tipo de aeronave pode incluir uma tabela de busca exclusiva  $\theta'$  vs H' 303 exclusiva.

[0051] Figs. 5A a 5C ilustram gráficos de sequência de tempo de uma manobra de pouso da aeronave abusiva 100 de acordo com modalidades da descrição. Figs. 5A a 5C ilustram gráficos de parâmetros associados com sistema para evitar colisão de cauda 300 durante uma manobra de pouso da aeronave 100. Gráficos de sequência de tempo das Figs. 5A a 5C incluem atitude de arfagem 106, perfil de arfagem atual  $\theta'$  306, perfil de arfagem máxima 304, sinal de comando do elevador do piloto e/ou piloto automático 320, e valor do limitador de deflexão do elevador 318 colocados em gráfico

durante períodos sequenciais da manobra de pouso. Tempo no eixo x das Figs. 5A a 5C é dividido em períodos 505, 510, 515, 520, 525 e 530. 5A ilustra um gráfico de sequência de tempo mostrando atitude de arfagem 106, perfis de arfagem atuais  $\theta'$  306, e perfis de arfagem máxima 304 em graus. A Fig. 5A ilustra folga do corpo traseiro 142 da aeronave 100 com a superfície da pista de pouso e decolagem 102 em pés. A Fig. 5B ilustra a sequência de tempo da Fig. 5A mostrando um gráfico da força da coluna 512, em libras, quando piloto certifica uma deflexão do elevador. A Fig. 5C ilustra a sequência de tempo da Fig. 5A mostrando um gráfico de sinal de comando do elevador 320, o valor do limitador de deflexão do elevador 318, e sinal de deflexão do elevador de saída 326 em graus de deflexão do elevador.

[0052] O período 505 pode corresponder à aeronave 100 se aproximando da pista de pouso e decolagem 102. Como mostrado na Fig. 5A, os graus de atitude de arfagem 106 e perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 podem ser aproximadamente iguais indicando nenhuma taxa de arfagem 114. A força da coluna 512 da Fig. 5B é também aproximadamente zero, indicando que o piloto não está tentando arfar a aeronave 100. A Fig. 5C mostra que o sinal de deflexão do elevador de saída 326 é igual ao comando do elevador 320 indicando que o limitador 319 não está limitando o comando do elevador 320. O valor do limitador de deflexão do elevador 318 é substancialmente abaixo de zero indicando que o perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 é substancialmente menos que o perfil de arfagem máxima 304.

[0053] O período 510 pode corresponder à aeronave 100 em uma descida para a pista de pouso e decolagem 102. Como mostrado na Fig. 5A, os graus de perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 e atitude de arfagem estão ambos aumentando indicando uma atitude da aeronave 100 com nariz em cima. Além disso, força da coluna 512 está aumentando, indicando que o piloto está arfando a aeronave 100. O corpo traseiro 142 está em uma inclinação descendente acentuada em direção à superfície da pista de pouso e decolagem

102. À medida que o corpo traseiro 142 se aproxima da superfície da pista de pouso e decolagem 102, o perfil de arfagem máxima 304 diminui, indicando que a folga do corpo traseiro 142 com a superfície da pista de pouso e decolagem 102 está diminuindo. O valor do limitador de deflexão do elevador 318 da Fig. 5C está movendo em uma resposta positiva à redução do corpo traseiro 142 na folga com a superfície da pista de pouso e decolagem 102. Em um ponto 535 no período 510 da Fig. 5C, o valor do limitador de deflexão do elevador 318, o sinal de comando do elevador 320 e sinal de deflexão do elevador 326 se interceptam. O tempo 535 corresponde a uma altura do corpo traseiro 142 próximo da superfície da pista de pouso e decolagem 102. Em seguida, o sinal de deflexão do elevador 326 é limitado pelo limitador 319 como mostrado na Fig. 5C. O piloto pode estar comandando a deflexão adicional do elevador negativa 120 como mostrado na Fig. 5C. Em resposta à força da coluna 512, o sinal de comando do elevador 320 pode estar comandando graus negativos de deflexão adicionais do elevador, como indicado pela Fig. 5C. Entretanto, limitador 319 está limitando o sinal de comando do elevador 320 a um valor de deflexão do elevador negativo 326 maior que sinal de comando do elevador 320.

[0054] O período 515 corresponde ao corpo traseiro 142 continuando a se aproximar da superfície da pista de pouso e decolagem 102. Como mostrado na Fig. 5A, o corpo traseiro 142 se aproxima praticamente de zero pés da superfície da pista de pouso e decolagem 102, como indicado pelo tempo 545. O perfil de arfagem máxima 304 continua a diminuir durante um tempo antes de o corpo traseiro se aproximar da superfície da pista de pouso e decolagem 102. Em seguida, o perfil de arfagem máxima 304 permanece constante. O perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 e a atitude de arfagem 106 ambos mostram uma ultrapassagem do limite além do perfil de arfagem máxima 304. A força da coluna diminui durante o período 515 já que o piloto pode ser provido com informação no visor 240 de que o corpo traseiro 142 está se

aproximando da superfície da pista de pouso e decolagem 102. Entretanto, o valor do limitador de deflexão do elevador 318 está comandando o elevador 116 a responder com um momento de arfagem com o nariz para baixo 112 e sinal de deflexão do elevador 326 está respondendo ao limitador 319 com deflexão do elevador positiva.

[0055] O período 520 pode corresponder à aeronave 100 desacelerando para a superfície da pista de pouso e decolagem 102. A este respeito, a folga do corpo traseiro 142 com a superfície da pista de pouso e decolagem 102 está movendo para fora da superfície da pista de pouso e decolagem 102. A atitude de arfagem 106 é aproximadamente igual ao perfil de arfagem máxima 304 durante este período, indicando que a atitude de arfagem 106 é limitada pelo perfil de arfagem máxima 304 quando as condições tiverem estabilizadas. O valor do limitador de deflexão do elevador 318 valor de comando de nariz para baixo está diminuindo durante o período e sinal de deflexão do elevador 326 está respondendo ao limitador 319. O sinal de comando do elevador 320 está sendo limitado durante este período. A este respeito, o tempo 555 indica uma forte força da coluna correspondendo ao comandando piloto uma mudança significativa na deflexão do elevador. O sinal de comando do elevador 320 responde com uma significativa posição do nariz em cima. Entretanto, como indicado pela Fig. 5C, o sinal de comando do elevador 320 no tempo 555 está sendo limitado pelo limitador 319 já que o sinal de deflexão do elevador 326 não responde à entrada do piloto e continua a rastrear o valor do limitador de deflexão do elevador 318. Além disso, tempo 565 indica que o sinal de deflexão do elevador 326 pode responder ao sinal de comando do elevador 320 já que os graus de sinal de comando do elevador 320 são maiores que o valor do limitador de deflexão do elevador 318.

[0056] O período 525 pode corresponder à aeronave 100 de-girando para a superfície da pista de pouso e decolagem 102. A este respeito, o corpo

traseiro 142 está girando para cima a partir da superfície da pista de pouso e a decolagem 102 para a altura normal do corpo traseiro 142. A atitude de arfagem 106 e perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 diminuem, indicando uma taxa de arfagem negativa (por exemplo, um nariz para baixo). A Fig. 5C indica novamente que o perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 é menos que o perfil de arfagem máxima 304 já que o sinal de deflexão do elevador 326 está respondendo ao sinal de comando do elevador 320 e valor do limitador de deflexão do elevador 318 está diminuindo significativamente.

[0057] O período 530 pode corresponder à aeronave 100 taxiando na superfície da pista de pouso e decolagem 102. A este respeito, a folga do corpo traseiro com a superfície da pista de pouso e decolagem permanece constante. A atitude de arfagem 106 e o perfil de arfagem atual  $\theta'$  306 permanecem constantes. Além disso, força da coluna 512 é zero e o sinal de comando do elevador 320, sinal de deflexão do elevador 326, e limitador 319 são constantes.

[0058] Em vista da presente descrição, percebe-se que, usando perfil de arfagem e perfis de descida para determinar um valor de deflexão limite do elevador implementado de acordo com várias modalidades apresentadas aqui pode prover uma abordagem melhorada para impedir que o corpo traseiro da aeronave faça contato com o chão durante uma manobra de pouso de aeronave. A esse respeito, limitação de um valor de deflexão do elevador, ainda provendo controle de pouso da aeronave, permite que uma aeronave, tal como uma aeronave comercial de corpo longo grande, use uma velocidade de aproximação de pouso mais baixa do que seria de outra maneira necessário para evitar colisões de cauda. Um piloto pode contar com uma maior velocidade de pouso para evitar uma colisão de cauda em sistemas convencionais. Velocidades de aproximação mais baixas podem ter um efeito positivo em diversos sistemas de aeronave e na métrica de desempenho incluindo comprimento do campo de pouso, alta sustentação, e ruído.

[0059] Onde aplicável, várias modalidades providas pela presente descrição podem ser implementadas usando hardware, software, ou combinações de hardware e software. Também, onde aplicável, os vários componentes de hardware e/ou componentes de software apresentados aqui podem ser combinados em componentes mistos compreendendo software, hardware e/ou ambos sem fugir do espírito da presente descrição. Onde aplicável, os vários componentes de hardware e/ou componentes de software apresentados aqui podem ser separados em subcomponentes compreendendo software, hardware, ou ambos, sem fugir do espírito da presente descrição. Além do mais, onde aplicável, é contemplado que componentes de software podem ser implementados como componentes de hardware, e vice-versa.

[0060] Software de acordo com a presente descrição, tais como código e/ou dados de programa, podem ser armazenados em uma ou mais meios legíveis por computador. É também contemplado que software identificado aqui pode ser implementado usando um ou mais computadores de e/ou sistemas de computador uso geral, ligados em rede e/ou de outra forma. Onde aplicável, a ordem de várias etapas descritas aqui pode ser mudada, combinada em etapas mistas e/ou separadas em subetapas para prover recursos descritos aqui.

[0061] De acordo com um aspecto da presente descrição, é provido um método compreendendo determinar um perfil de descida com base em uma altitude atual e uma velocidade vertical atual de uma aeronave; determinar um perfil de arfagem máxima associado ao perfil de descida; determinar um perfil de arfagem atual com base em uma atitude de arfagem atual e uma taxa de arfagem atual da aeronave; comparar o perfil de arfagem atual com o perfil de arfagem máxima para determinar um perfil de arfagem atual em excesso; e limitar um sinal de comando do elevador com base na comparação para reduzir uma probabilidade de uma cauda da aeronave colidir.

[0062] O método é adicionalmente descrito em que a altitude atual é com base em uma distância de um trem de aterrissagem da aeronave até uma superfície da pista de pouso e decolagem determinada, pelo menos em parte, por um sinal de medição do sensor.

[0063] O método é adicionalmente descrito em que determinar o perfil de arfagem máxima inclui acessar uma tabela de perfis de arfagem máxima, em que cada perfil de arfagem máxima é com base em um correspondente do perfil de descida, e em que o perfil de arfagem máxima é determinado, pelo menos em parte, com base no perfil de descida e uma geometria de aeronave.

[0064] O método é adicionalmente descrito que inclui reduzir o perfil de arfagem máxima quando um freio de velocidade é estendido.

[0065] O método é descrito em que a velocidade vertical atual é determinada por um sinal de medição do sensor de velocidade vertical; a taxa de arfagem atual é determinada por um sinal de medição do sensor de taxa de arfagem; e a atitude de arfagem atual é determinada por um sinal de medição do sensor de atitude de arfagem.

[0066] O método é descrito em que a comparação compreende converter o perfil de arfagem atual em excesso em um comando de limite de deflexão do elevador.

[0067] O método é adicionalmente descrito compreendendo aplicar um filtro de atraso a um sinal de deflexão do elevador de saída para prover um sinal de comando de deflexão do elevador de referência.

[0068] O método é adicionalmente descrito compreendendo combinar um valor de comando de limite de deflexão do elevador e o sinal de comando de deflexão do elevador de referência para produzir um valor do limitador de deflexão do elevador; e limitar o sinal de comando do elevador para gerar um valor de deflexão do elevador de não menos que o valor do limitador de deflexão do elevador.

[0069] O método é descrito em que a limitação compreende responder ao sinal de comando do elevador para gerar um sinal de deflexão do elevador de saída quando o valor do limitador de deflexão do elevador não é excedido.

[0070] O método é descrito em que a determinação compreende atualizar periodicamente o perfil de descida e o perfil de arfagem atual para usar na limitação do sinal de comando do elevador.

[0071] De acordo com um outro aspecto da presente descrição, é provido um sistema compreendendo uma memória compreendendo uma pluralidade de instruções executáveis; e um processador adaptado para executar as instruções para determinar um perfil de descida com base em uma altitude atual e uma velocidade vertical atual de uma aeronave; determinar um perfil de arfagem máxima associado ao perfil de descida; determinar um perfil de arfagem atual com base em uma atitude de arfagem atual e uma taxa de arfagem atual da aeronave; comparar o perfil de arfagem atual com o perfil de arfagem máxima para determinar um perfil de arfagem atual em excesso; e limitar um sinal de comando do elevador com base na comparação.

[0072] O sistema é descrito em que a altitude atual é com base em uma distância do trem de aterrissagem de uma aeronave a uma superfície da pista de pouso e decolagem determinada, pelo menos em parte, por um sinal de medição do sensor.

[0073] O sistema é descrito em que perfil de arfagem máxima é determinado, pelo menos em parte, com base no perfil de descida e uma geometria da aeronave.

[0074] O sistema é adicionalmente descrito compreendendo um freio de velocidade da aeronave, em que o perfil de arfagem máxima é ajustado quando o freio de velocidade é estendido.

[0075] O sistema é descrito em que o processador é configurado para atualizar periodicamente o perfil de arfagem atual e o perfil de descida; e em que as atualizações periódicas são usadas para limitar o sinal de comando do

elevador.

[0076] O sistema é descrito em que o processador é configurado para converter o perfil de arfagem atual em excesso em graus de valor de deflexão do elevador.

[0077] O sistema é adicionalmente descrito compreendendo um filtro de atraso que fornece um sinal de comando de deflexão do elevador de referência.

[0078] O sistema é descrito em que o processador é configurado para combinar um valor de comando de limite de deflexão do elevador e um sinal de comando de deflexão do elevador de referência para produzir um valor do limitador de deflexão do elevador; e limitar o sinal de comando do elevador para gerar um valor de deflexão do elevador de não menos que o valor do limitador de deflexão do elevador.

[0079] O sistema é descrito em que o processador é configurado para responder ao sinal de comando do elevador para gerar um valor de deflexão do elevador quando o valor do limitador de deflexão do elevador não for excedido.

[0080] O sistema é descrito em que o sistema é uma aeronave compreendendo adicionalmente um sensor de atitude de arfagem configurado para prover uma sinal de medição de atitude de arfagem ao processador; um sensor de taxa de arfagem configurado para prover um sinal de medição da taxa de arfagem ao processador; um sensor de velocidade vertical configurado para prover uma sinal de medição de velocidade vertical ao processador; e/ou um radioaltímetro configurado para prover um sinal de medição de altitude ao processador.

[0081] Modalidades aqui descritas ilustram, mas não limitam a invenção. Deve-se também entender que inúmeras modificações e variações são possíveis de acordo com os princípios da presente invenção. Dessa maneira, o escopo da invenção é definido somente pelas reivindicações seguintes.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método, caracterizado pelo fato de que compreende:

determinar um perfil de descida (302) com base em uma altitude atual (129) e uma velocidade vertical atual (124) de uma aeronave (100);

determinar um perfil de arfagem máxima (304) associado ao perfil de descida (302);

determinar um perfil de arfagem atual (306) com base em uma atitude de arfagem atual (106) e uma taxa de arfagem atual (114) da aeronave (100);

comparar o perfil de arfagem atual (306) com o perfil de arfagem máxima (304) para determinar um perfil de arfagem atual (308) em excesso; e

limitar um sinal de comando do elevador (320) com base na comparação para reduzir uma probabilidade de uma colisão de cauda da aeronave.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a altitude atual (129) é com base em uma distância de um trem de aterrissagem da aeronave (128) a uma superfície da pista de pouso e decolagem (102) determinada, pelo menos em parte, por um sinal de medição do sensor.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que determinar o perfil de arfagem máxima (304) inclui acessar uma tabela de perfis de arfagem máxima (303), em que cada perfil de arfagem máxima (304) é com base em um correspondente do perfil de descida (302), e em que o perfil de arfagem máxima (304) é determinado, pelo menos em parte, com base no perfil de descida (302) e em uma geometria da aeronave.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente reduzir o perfil de arfagem máxima

(302) quando um freio de velocidade (305) é estendido.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que:

a velocidade vertical atual (124) é determinada por um sinal de medição do sensor de velocidade vertical (270);

a taxa de arfagem atual (114) é determinada por um sinal de medição do sensor de taxa de arfagem (255); e

a atitude de arfagem atual (106) é determinada por um sinal de medição do sensor de atitude de arfagem (250).

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que comparar compreende converter o perfil de arfagem atual (308) em excesso em um comando de limite de deflexão do elevador (312).

7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente aplicar um filtro de atraso (314) a um sinal de deflexão do elevador de saída (326) para fornecer um sinal de comando de deflexão do elevador de referência (315).

8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

combinar um valor de comando de limite de deflexão do elevador (312) e o sinal de comando de deflexão do elevador de referência (315) para produzir um valor do limitador de deflexão do elevador (318); e

limitar o sinal de comando do elevador (320) para gerar um valor de deflexão do elevador (326) de não menos que o valor do limitador de deflexão do elevador (318).

9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que limitar compreende responder ao sinal de comando do elevador (320) para gerar um sinal de deflexão do elevador de saída (326) quando o valor do limitador de deflexão do elevador (318) não for excedido.

10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que determinar compreende atualizar periodicamente o perfil de descida (302) e o perfil de arfagem atual (306) a usar na limitação do sinal de comando do elevador (320).

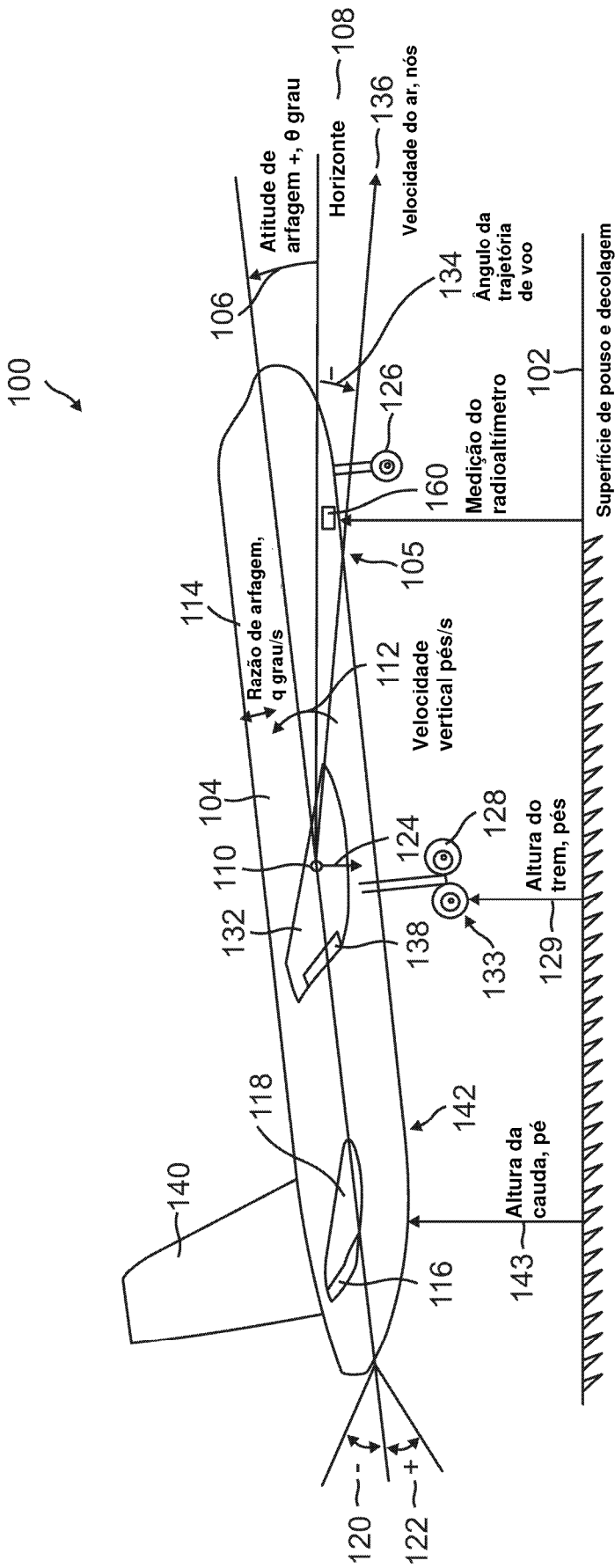


FIG. 1

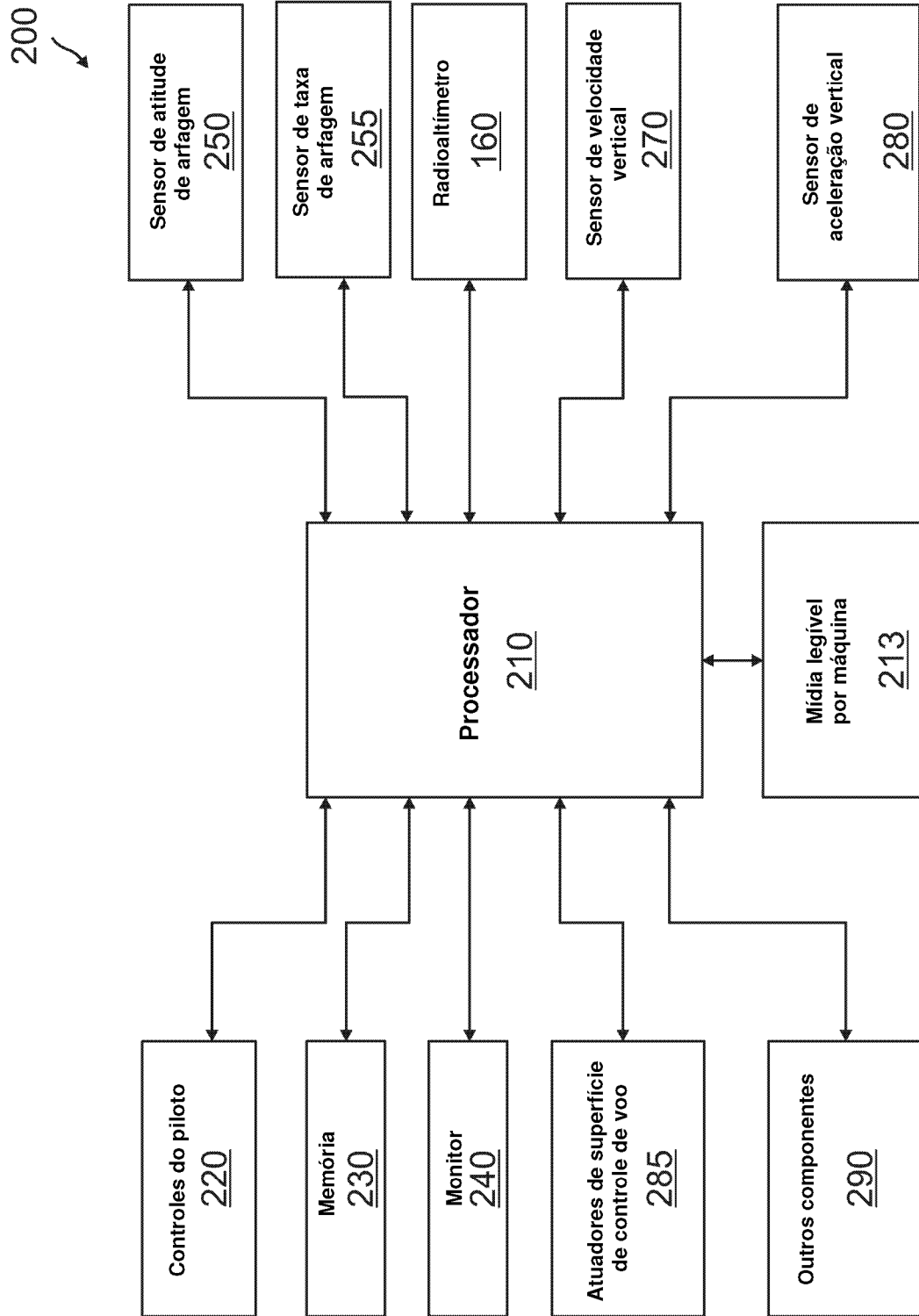


FIG. 2

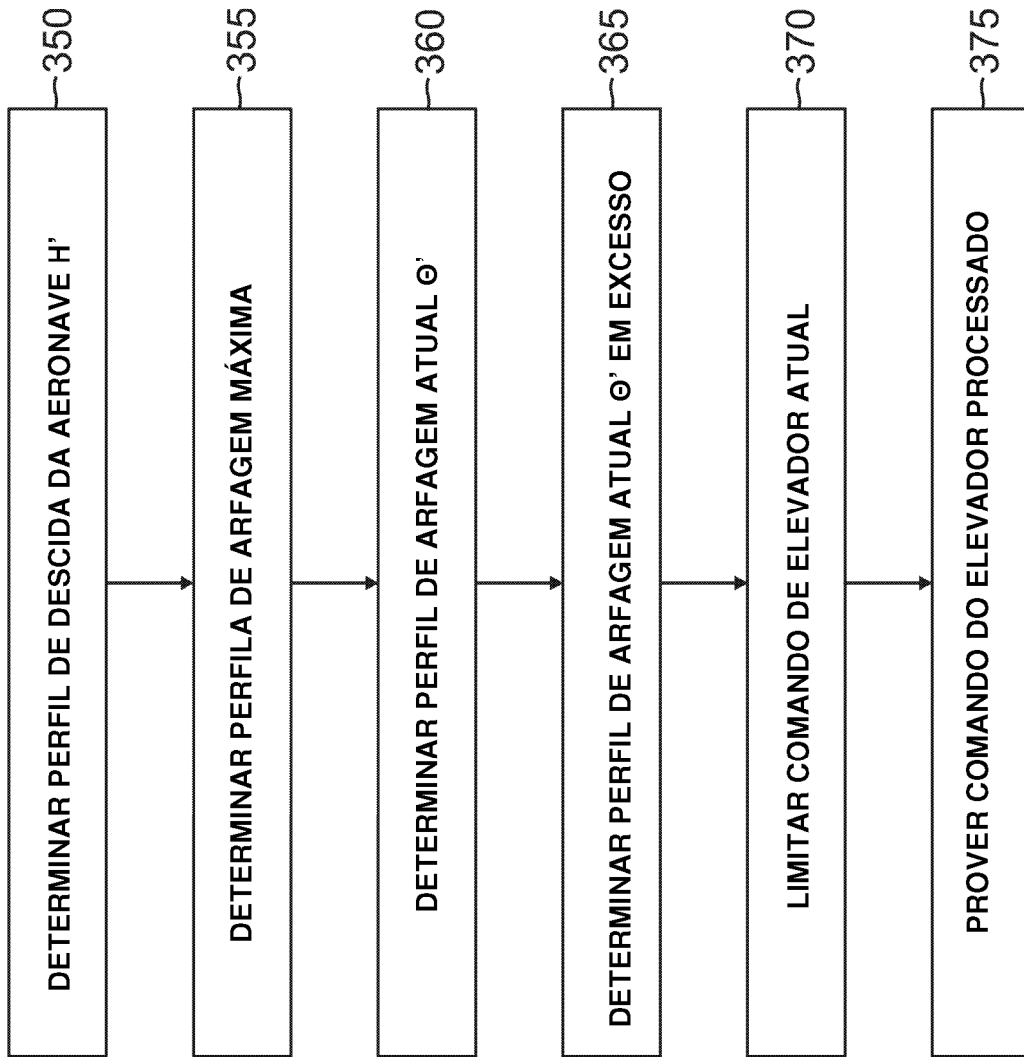


FIG. 3A

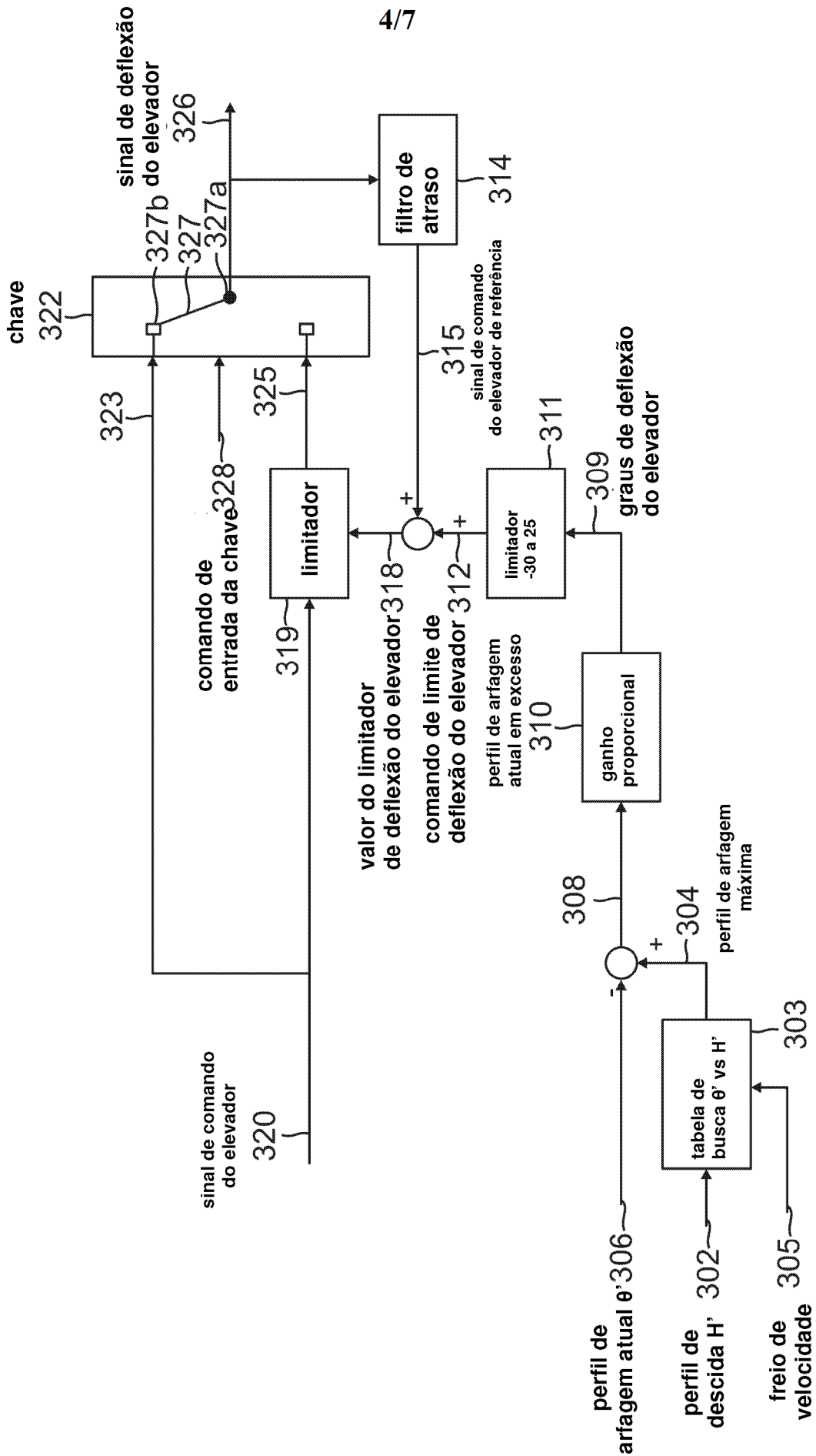


FIG. 3B

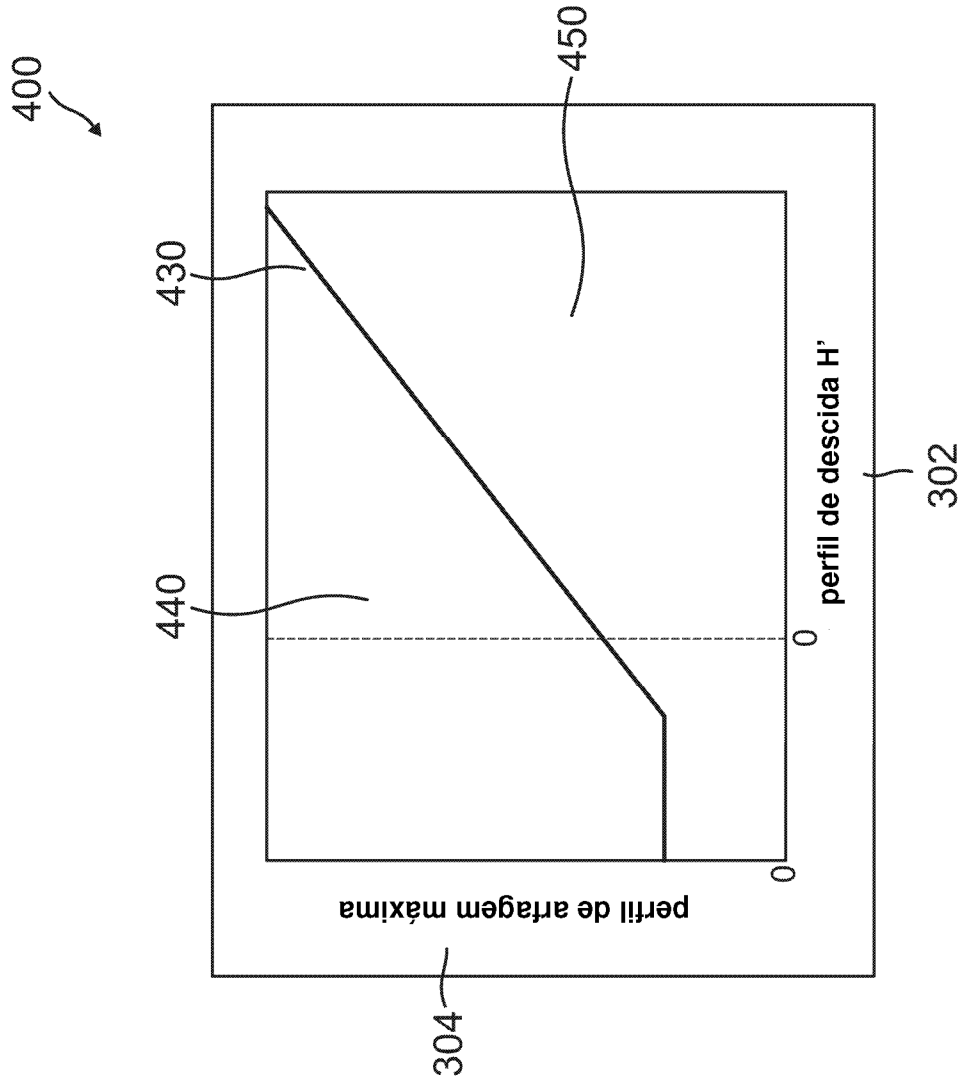


FIG. 4

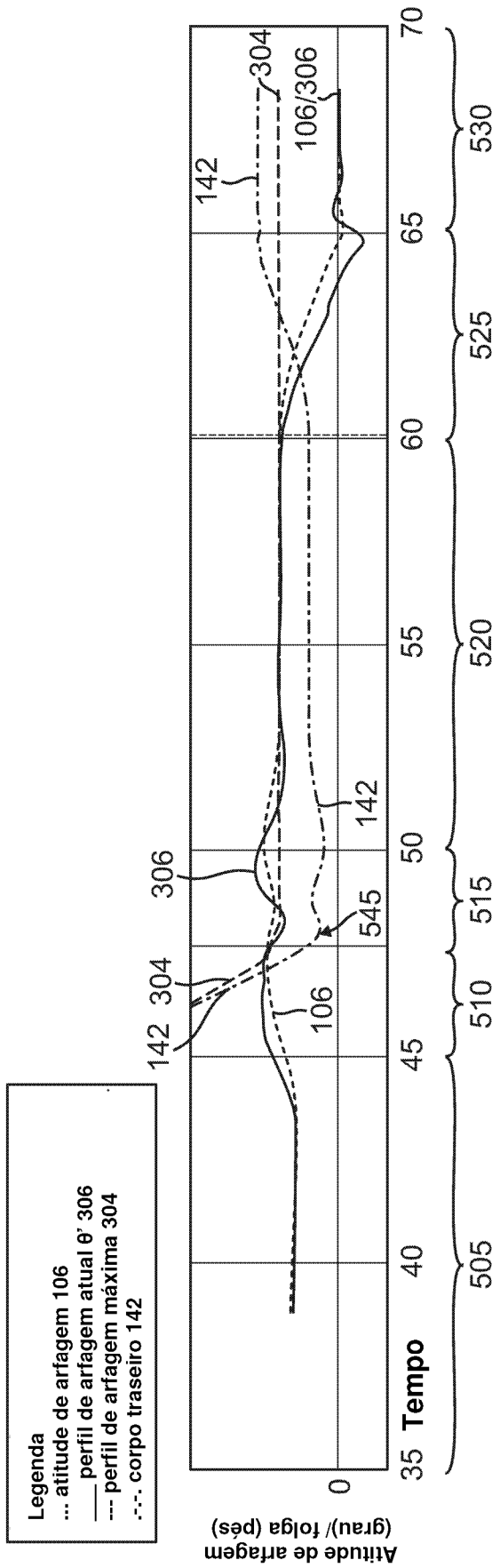


FIG. 5A

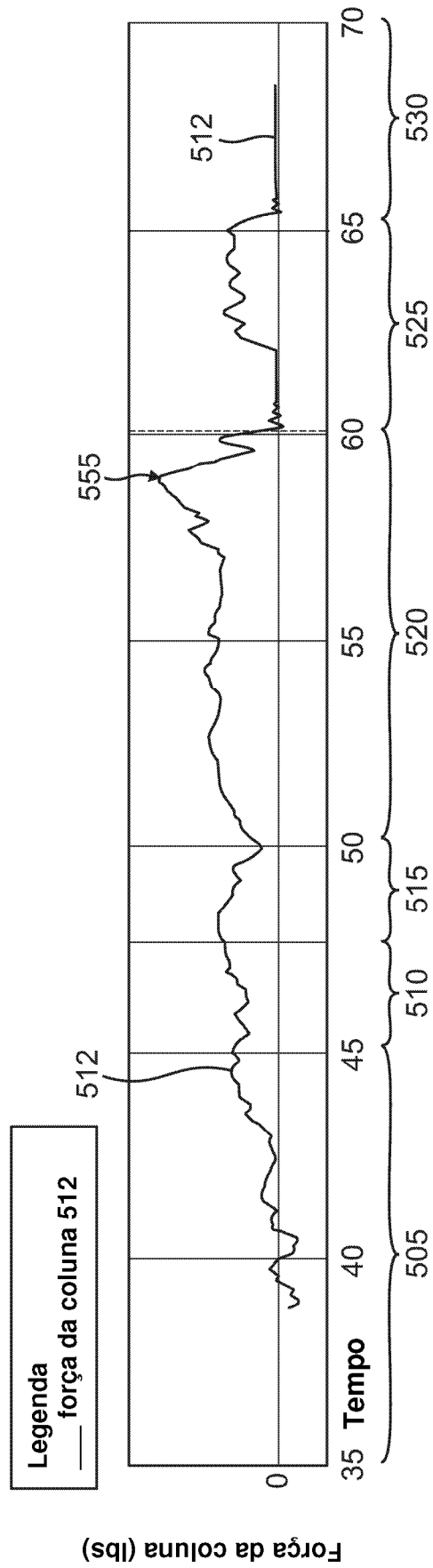


FIG. 5B

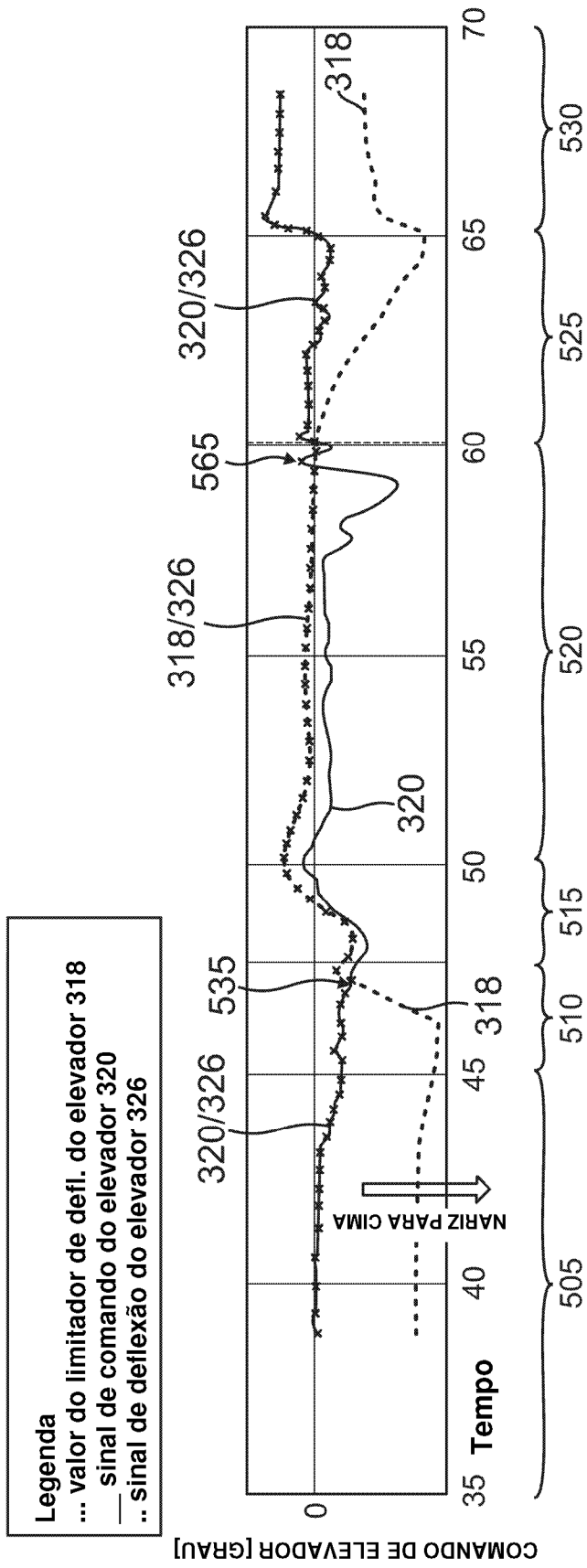


FIG. 5C