



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 112020014296-4 A2



(22) Data do Depósito: 17/12/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 08/12/2020

(54) Título: GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES DE MODO SEGURO LIMITADO DE UM VEÍCULO ROBÓTICO

(51) Int. Cl.: G05D 1/00.

(30) Prioridade Unionista: 15/01/2018 US 15/871,332.

(71) Depositante(es): QUALCOMM INCORPORATED.

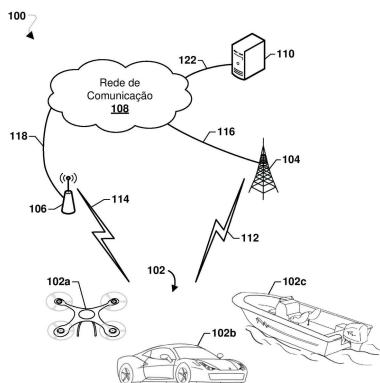
(72) Inventor(es): WILLIAM HENRY VON NOVAK III; VINCENT KEMLER; CODY WHEELAND; LAYNE THOMAS; COURTNEY COOLEY; DONALD BOLDEN HUTSON; MARK CASKEY.

(86) Pedido PCT: PCT US2018066010 de 17/12/2018

(87) Publicação PCT: WO 2019/139737 de 18/07/2019

(85) Data da Fase Nacional: 13/07/2020

(57) Resumo: As modalidades incluem dispositivos e métodos para se manter o controle de um veículo robótico quando os sinais de controle de um controlador principal são perdidos. Um circuito detector pode monitorar os sinais do controlador principal para um controlador eletrônico de velocidade (ESC) a fim de detectar uma perda de sinais de controle válidos. O circuito detector pode fazer com que um controlador auxiliar comece a emitir sinais de controle de motor para o ESC em resposta à detecção de uma perda de sinais de controle válidos. O controlador auxiliar pode emitir sinais de controle de motor para o ESC, de acordo com um conjunto de instruções de controle de motor pré-carregado. O conjunto de instruções de controle de motor pré-carregado pode ser recebido a partir do controlador principal e/ou pode ser configurado para fazer com que o controlador auxiliar emita sinais de controle de motor para o ESC, que controla os motores de uma forma que faz com que o veículo robótico entre em um modo de operação seguro ou execute uma manobra em particular.



**"GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES DE MODO SEGURO LIMITADO DE UM  
VEÍCULO ROBÓTICO"**

**REIVINDICAÇÃO DE PRIORIDADE**

**[001]** O presente pedido de patente reivindica prioridade do pedido não provisório U.S. No. 15/871,332, intitulado "Managing Limited Safe Mode Operations Of A Robotic Vehicle", depositado em 15 de janeiro de 2018, cedido para o cessionário do presente pedido e incorporado expressamente aqui por referência.

**FUNDAMENTOS**

**[002]** Veículos robóticos (por exemplo, "UVAs" ou "drones") são configurados com hardware e software cada vez mais complexos. Os veículos robóticos são controlados por um controlador principal que manuseia as inúmeras funções do veículo robótico, tal como controle de voo e navegação, processamento de dados de sensor (por exemplo, registros de câmeras, sonares, giroscópios, acelerômetros, etc.), recebimento e processamento de sinais de GPS, controle de rádios para comunicação e similares. À medida que a complexidade desses componentes e a funcionalidade da missão aumentam, também aumentam as chances de um hardware ou um software falhar, causando a "quebra" e a reinicialização do controlador principal.

**[003]** O controlador principal realizará uma nova partida forçada no caso de uma quebra do software do controlador principal. Quando realizando uma nova partida forçada, o controlador principal para de sinalizar para os controladores eletrônicos de velocidade (ESCs), que controlam os motores para propulsão do veículo, tal como os motores que acionam os rotores, as rodas, os propulsores do

veículo, etc. Dessa forma, durante uma nova partida forçada, o controlador principal não tem controle sobre a propulsão do veículo, o que pode fazer com que os ESCs parem de energizar os rotores, as rodas, os propulsores, etc., fazendo com que o veículo robótico saia, temporariamente, de controle.

### **SUMÁRIO**

**[004]** Várias modalidades incluem métodos que podem ser implementados em um processador de um veículo robótico para manter o controle do controle do veículo robótico quando os sinais de um controlador principal são perdidos. Várias modalidades podem incluir o monitoramento, por um circuito detector, de sinais de controle de um controlador principal do veículo robótico para um controlador eletrônico de velocidade (ESC) para detectar a perda de sinais de controle válidos para o ESC, e fazendo com que o controlador auxiliar comece a emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar um ou mais motores, a fim de manter o controle do veículo robótico, em resposta à detecção de uma perda dos sinais de controle válidos para o ESC.

**[005]** Em algumas modalidades, fazer com que o controle auxiliar comece a emitir sinais de controle de motor para o ESC, em resposta à detecção da perda dos sinais de controle válidos a partir do controlador principal para o ESC, pode incluir desconectar um primeiro percurso de sinal que acopla o controlador principal ao ESC e conectar um segundo percurso de sinal que acopla o controlador auxiliar ao ESC.

**[006]** Algumas modalidades podem incluir

adicionalmente a determinação de se o controlador principal é capaz de retomar o envio dos sinais de controle de motor para o ESC, em resposta à determinação de que o controlador principal é capaz de retomar o envio dos sinais de controle válidos para o ESC. Em tais modalidades, determinar se o controlador principal é capaz de retomar o envio dos sinais de controle válidos para o ESC pode incluir detectar que o controlador principal completou um processo de reinicialização.

**[007]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar pode ser configurado pelas instruções de controle de motor armazenadas na memória para emitir sinais de controle de motor para o ESC, para controlar os um ou mais motores a fim de manter o controle do veículo robótico. Em tais modalidades, as instruções de controle de motor, armazenadas na memória, podem configurar o controlador auxiliar para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores, a fim de fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro.

**[008]** Algumas modalidades podem incluir, adicionalmente, o recebimento, pelo controlador auxiliar, de instruções de controle de motor a partir do controlador principal antes da perda dos sinais de controle válidos, e o armazenamento, pelo controlador auxiliar, das instruções de controle de motor recebidas na memória. Em tais modalidades, as instruções de controle de motor recebidas do controlador principal podem configurar o controlador auxiliar para que emita os sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores e fazer com que o veículo robótico mantenha uma atitude, direção ou

velocidade do veículo robótico antes da perda dos sinais de controle válidos.

**[009]** Em algumas modalidades, a emissão, pelo controlador auxiliar, dos sinais de controle de motor para o ESC, para controlar os um ou mais motores a fim de manter o controle do veículo robótico, pode incluir a execução de um conjunto de instruções de controle de motor para emissão dos sinais de controle de motor para o ESC a fim de controlar os um ou mais motores para fazer com que o veículo robótico realize uma manobra, determinando se o conjunto de instruções de controle de motor foi completado, e emitindo sinais de controle de motor para o ESC, a fim de controlar um ou mais motores e fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro, em resposta à determinação de que o conjunto de instruções de controle de motor foi completado. Tais modalidades podem incluir, adicionalmente, a inicialização de um temporizador depois de se detectar uma perda dos sinais de controle válidos para o ESC, determinando se o temporizador já expirou em resposta à determinação de que o conjunto de instruções de controle de motor não foi completado, e emitindo sinais de controle de motor para o ESC para controlar um ou mais motores e fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro, em resposta à determinação de que o temporizador expirou.

**[0010]** Algumas modalidades podem incluir, adicionalmente, a realização de um teste do controlador auxiliar, determinando se uma falha no controlador auxiliar foi detectada, e realizando uma ação no sentido de proteger o veículo robótico em resposta à detecção de uma falha no

controlador auxiliar.

**[0011]** Modalidades adicionais podem incluir um veículo robótico que possui pelo menos um motor, um ESC acoplado ao motor, um controlador principal, um circuito detector e um controlador auxiliar no qual o circuito detector e o controlador auxiliar são configurados para realizar as operações dos métodos descritos acima. Em algumas modalidades, o circuito detector pode ser incluído no controlador auxiliar. Em algumas modalidades, o controlador auxiliar pode ser incluído no ESC. Modalidades adicionais podem incluir um controlador auxiliar para uso em um veículo robótico configurado para realizar as operações dos métodos descritos acima. Modalidades adicionais podem incluir um veículo robótico incluindo meios para realizar as funções dos métodos descritos acima.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

**[0012]** Os desenhos em anexo, que são incorporados aqui e constituem parte dessa especificação, ilustram modalidades ilustrativas e, juntamente com a descrição geral fornecida acima e a descrição detalhada fornecida abaixo, servem para explicar as características de várias modalidades.

**[0013]** A figura 1 é um diagrama em bloco de sistema de um veículo robótico operando dentro de um sistema de comunicação adequado para uso com várias modalidades;

**[0014]** A figura 2 é um diagrama em bloco de componente ilustrando os componentes de um veículo robótico adequado para uso com as modalidades;

**[0015]** A figura 3 é um diagrama em bloco de

componente ilustrando os componentes de um controlador adequado para uso com veículos robóticos;

[0016] A figura 4 é um diagrama em bloco de componente ilustrando os componentes de um veículo robótico convencional;

[0017] A figura 5 é um diagrama em bloco de componente ilustrando os componentes de um veículo robótico adequado para uso com as modalidades;

[0018] A figura 6 é um diagrama em bloco de componente ilustrando os componentes de um veículo robótico adequado para uso com as modalidades;

[0019] A figura 7 é um fluxograma de processo ilustrando um método de gerenciamento de operações de um veículo robótico, de acordo com as várias modalidades;

[0020] A figura 8 é um fluxograma de processo ilustrando um método de gerenciamento de operações de um veículo robótico, de acordo com as várias modalidades;

[0021] A figura 9 é um fluxograma de processo ilustrando um método de gerenciamento de operações de um veículo robótico, de acordo com várias modalidades.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA**

[0022] Várias modalidades serão descritas em detalhes com referência aos desenhos em anexo. Sempre que possível, as mesmas referências numéricas serão utilizadas por todos os desenhos para fazer referência a partes iguais ou similares. Referências feitas a exemplos e modalidades em particular servem à finalidade ilustrativa, e não devem limitar o escopo das reivindicações.

[0023] Várias modalidades aperfeiçoam as funções e confiabilidade dos veículos robóticos pelo

fornecimento de um controlador auxiliar de função limitada, distribuída, que é configurado para manter a operação estável de um veículo robótico por meio de emissão de sinais de controle de motor para os ESCs por uma duração de tempo limitada no caso de um controlador principal do veículo robótico parar de enviar sinais de controle para os ESCs. Pela emissão de sinais de controle de motor para os ESCs configurados para fazer com que o veículo robótico assuma uma configuração de operação estável, os veículos robóticos podem ser protegidos contra danos ou perda, enquanto o controlador principal completa uma nova partida forçada e retoma o controle dos ESCs.

**[0024]** O controlador principal de um veículo robótico é tipicamente um dispositivo de processamento robusto capaz de controlar inúmeras funções do veículo robótico, tal como controle de voo e navegação, processamento de dados de sensor (por exemplo, registro de câmeras, sonares, giroscópios, acelerômetros, etc.), recebimento e processamento de sinais de GPS, controle de rádios para comunicação e similares. O controlador principal pode incluir um processador robusto com memória, interfaces de dados, sensores e processadores aviônicos e outros componentes configurados para monitorar e controlar vários componentes e funcionalidade do veículo robótico. O controlador principal pode ser implementado como um "sistema em chip" (SOC), que é um conjunto de circuitos eletrônicos interconectados dentro de um único pacote ou montagem incluindo, tipicamente, porém não exclusivamente, um ou mais processadores, uma memória, uma interface de comunicação e uma interface de memória de armazenamento. Os

veículos robóticos potencializam as capacidades de tal controlador principal pela inclusão de componentes de hardware e funcionalidade com base em software cada vez mais complexos. À medida que a complexidade dos componentes e funcionalidades do veículo robótico aumentam, também aumenta a probabilidade de um hardware ou software falhar, exigindo uma reinicialização do controlador principal.

**[0025]** As consequências de uma reinicialização não programada do controlador principal, durante a operação, são potencialmente catastróficas para um veículo robótico visto que os sinais de controle para vários componentes são interrompidos enquanto o processador realiza uma nova partida forçada do processador principal e outros componentes. Em particular, uma nova partida forçada do controlador principal interrompe os sinais de controle para os ESCs que controlam o acionamento dos motores dos rotores, rodas ou propulsores do veículo para propulsão do veículo e realização de manobras (por exemplo, controle de voo). Quando os sinais de controle para os ESCs são interrompidos, os motores param, o que pode resultar na perda do controle do veículo robótico, fazendo, potencialmente, com que o veículo robótico colida com objetos próximos ou caia. Dessa forma, apesar de o controlador principal permanecer funcional depois da finalização de uma reinicialização, o veículo robótico pode estar desativado ou perdido.

**[0026]** Várias modalidades fornecem componentes, métodos e sistemas para controlar os um ou mais motores de um veículo robótico no caso de uma perda dos sinais de controle válidos do controlador principal.

Várias modalidades são aplicáveis a uma variedade de veículos robóticos, incluindo veículos terrestres autônomos, veículos submersíveis, e veículos aéreos (de asa fixa ou rotorcraft). Em algumas modalidades, o veículo robótico pode ser fornecido com um ou mais controladores auxiliares pequenos acoplados a ou associados a cada ESC e configurados para assumirem o controle dos ESCs no caso de o controlador principal parar de enviar sinais de controle (por exemplo, no caso de um controlador principal ter uma nova partida forçada ou falhar). Os controladores auxiliares são menos poderosos do que o controlador principal, e podem ser configurados para fornecer um controle limitado de "modo seguro" dos ESCs associados, o suficiente para manter o controle limitado de manobras do veículo robótico.

**[0027]** Em algumas modalidades, um circuito detector associado aos ESCs pode detectar quando o controlador principal parou de enviar os sinais de controle para os ESCs. Em algumas modalidades, o circuito detector pode ser configurado para detectar uma perda de sinais de controle válidos do controlador principal. Em algumas modalidades, o circuito detector pode ser configurado para detectar quando o controlador principal está enviando sinais de controle inválidos para o ESC, tal como os sinais de controle incluindo valores que estão fora de faixa (por exemplo, são um sinal corrompido ou incompreensível). Em algumas modalidades, o circuito detector pode ser configurado para detectar uma perda de sinal de compasso do controlador principal, onde o sinal de compasso indica que o controlador principal está operando normalmente. Em

várias modalidades, o circuito detector pode ser implementado em hardware, software ou em uma combinação de hardware e software.

**[0028]** Em várias modalidades, o circuito detector pode controlar o controlador auxiliar para assumir o controle (isto é, enviar os sinais de controle) de seu ESC associado em resposta à detecção de que o controlador principal parou de enviar os sinais de controle para os ESCs. Em algumas modalidades, o circuito detector pode comutar os percursos de sinal da conexão do controlador principal com cada ESC para a conexão de cada ESC respectivo com seu controlador auxiliar.

**[0029]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar pode fornecer sinais de controle para seu ESC associado a fim de manter um "modo seguro" de operação do veículo robótico. Em algumas modalidades, o controlador auxiliar pode ser configurado para assumir o controle de seu ESC por um curto período de tempo enquanto o controlador principal reinicializa (por exemplo, realiza uma nova partida forçada). Em algumas modalidades, o modo seguro de operação pode incluir um controlador auxiliar controlando seu ESC associado para realizar as operações limitadas de modo seguro. Exemplos das operações limitadas de modo seguro podem incluir a flutuação de um veículo robótico aéreo, a ascensão lenta de um veículo robótico submersível, e a retenção no último ângulo de direcionamento conhecido de um veículo robótico terrestre autônomo.

**[0030]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar pode emitir sinais de controle que replicam um

conjunto limitado de instruções de controle de motor recebido anteriormente do controlador principal. Por exemplo, durante operações normais, o controlador auxiliar pode monitorar e armazenar, periodicamente, um conjunto pequeno de instruções de controle de motor do controlador principal (por exemplo, instruções para os próximos 10 a 15 segundos), de modo que o controlador auxiliar possa emitir sinais de controle para o ESC que farão com que o veículo robótico continue ao longo de um curso anterior.

**[0031]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar pode emitir sinais de controle que replicam um conjunto limitado de instruções pré-carregadas de controle de motor, que pode ser pré-carregado em fábrica (por exemplo, instruções para manter uma flutuação estável) ou um conjunto de instruções de controle de motor recebidas periodicamente a partir do controlador principal (por exemplo, instruções para voar de uma determinada forma). Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções pré-carregadas de controle de motor podem ir além de uma única instrução ou um único modo de operação, e podem incluir um conjunto de duas ou mais instruções de controle de motor. Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas pode incluir manobras opcionais, tal como as manobras a serem realizadas em resposta à determinação de uma condição ambiental e/ou condição do veículo robótico em particular.

**[0032]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar pode emitir instruções de controle de motor para executar as operações limitadas de modo seguro e/ou para executar o conjunto limitado de instruções pré-carregadas

de controle de motor, sozinhas ou em alguma combinação. Por exemplo, o controlador auxiliar pode realizar um ou mais aspectos do conjunto limitado de instruções pré-carregadas e o controle de motor pelo período de tempo (por exemplo, tal como 10 a 15 segundos das instruções), e, então, o controlador auxiliar pode comutar (por exemplo, "retornar") para a realização do modo de operação seguro limitado.

**[0033]** Em algumas modalidades, o circuito detector pode detectar que o controlador principal é capaz de retomar o controle dos ESCs. Em algumas modalidades, o circuito detector pode monitorar o processo de reinicialização do controlador principal, e pode detectar quando o controlador principal completou seu processo de reinicialização (por exemplo, que o controlador principal voltou a estar online). Em algumas modalidades, o circuito detector pode detectar um sinal de controle a partir do controlador principal (por exemplo, uma retomada do sinal de controle do controlador principal). Em algumas modalidades, em resposta à detecção de que o controlador principal é capaz de retomar o controle dos ESCs, o circuito detector pode controlar o controlador auxiliar para renunciar ao controle de cada ESC. Em algumas modalidades, em resposta à detecção de que o controlador principal é capaz de retomar o controle dos ESCs, o circuito detector pode reconectar os percursos de sinal entre o controlador principal e cada ESC.

**[0034]** Várias modalidades podem ser implementadas dentro de um veículo robótico operando dentro de uma variedade de sistemas de comunicação 100, um exemplo dos quais é ilustrado na figura 1. Com referência à figura

1, o sistema de comunicação 100 pode incluir um veículo robótico 102, uma estação base 104, um ponto de acesso 106, uma rede de comunicação 108, e um elemento de rede 110.

**[0035]** A estação base 104 e o ponto de acesso 106 podem fornecer comunicações sem fio para acessar a rede de comunicação 108 através de um canal de acesso de retorno de comunicação com e/ou sem fio 116 e 118, respectivamente. A estação base 104 pode incluir estações base configuradas para fornecer comunicações sem fio através de uma ampla área (por exemplo, macro células), além de células pequenas, que podem incluir uma micro célula, uma femto célula, uma pico célula e outros pontos de acesso à rede similares. O ponto de acesso 106 pode ser configurado para fornecer comunicações sem fio através de uma área relativamente menor. Outros exemplos das estações base e dos pontos de acesso também são possíveis.

**[0036]** O veículo robótico 102 pode incluir qualquer um dentre uma variedade de veículos robóticos, por exemplo, um veículo robótico aéreo 102a, um veículo robótico terrestre 102b, e um veículo robótico aquático 102c. Outros exemplos também são possíveis. O veículo robótico 102 pode se comunicar com a estação base 104 através de um link de comunicação sem fio 112 e com o ponto de acesso 106 através de um link de comunicação sem fio 114. Os links de comunicação sem fio 112 e 114 podem incluir uma pluralidade de sinais portadores, frequências, ou bandas de frequência, cada um dos quais pode incluir uma pluralidade de canais lógicos. Os links de comunicação sem fio 112 e 114 podem utilizar uma ou mais das tecnologias de acesso a rádio (RATs). Exemplos das RATs que podem ser

utilizados em um link de comunicação sem fio incluem Evolução de Longo Termo 3GPP (LTE), 3G, 4G, 5G, Sistema Global para Mobilidade (GSM), Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA), Acesso Múltiplo por Divisão de Código de Banda Larga (WCDMA), Interoperacionalidade Mundial para Acesso por Micro-Ondas (WiMAX), Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA), e outras RATs de tecnologias de comunicação de telefonia móvel). Exemplos adicionais de RATs que podem ser utilizados em um ou mais dos vários links de comunicação sem fio dentro do sistema de comunicação 100 incluem protocolos de faixa intermediária, tal como Wi-Fi, LTE-U, LTE-Direct, LAA, MuLTFire, e RATs de alcance relativamente curto, tal como ZigBee, Bluetooth e Bluetooth de Baixa Energia (LE).

**[0037]** O elemento de rede 110 pode incluir um servidor de rede ou outro elemento de rede similar. O elemento de rede 110 pode se comunicar com a rede de comunicação 108 através de um link de comunicação 122. O veículo robótico 102 e o elemento de rede 110 podem se comunicar através da rede de comunicação 108. O elemento de rede 110 pode fornecer o veículo robótico 102 com uma variedade de informações, tal como a informação de navegação, seja ela informação, informação sobre condições ambientais, instruções de controle de movimento e outras informações, instruções ou comandos relevantes para as operações do veículo robótico 102.

**[0038]** Em várias modalidades, um veículo robótico pode incluir variedades com asa ou rotorcraft de veículos robóticos aéreos. A figura 2 ilustra um exemplo de um veículo robótico aéreo 200 que utiliza múltiplos rotores

202 acionados pelos motores correspondentes para fornecer a elevação (ou decolagem) além de outros movimentos aéreos (por exemplo, progressão de avanço, subida, descida, movimentos laterais, inclinação, rotação, etc.). O veículo robótico 200 é ilustrado como um exemplo de um veículo robótico que pode utilizar várias modalidades, mas não deve implicar ou exigir que várias modalidades sejam limitadas a veículos robóticos aéreos ou veículos robóticos tipo rotorcraft. Várias modalidades podem ser utilizadas com veículos robóticos com asas, veículos autônomos terrestres, e veículos autônomos aquáticos.

**[0039]** Com referência às figuras 1 e 2, o veículo robótico 200 pode ser similar ao veículo robótico 102. O veículo robótico 200 pode incluir vários rotores 202, um quadro 204 e colunas de aterrissagem 206 ou patins. O quadro 204 pode fornecer suporte estrutural para os motores associados aos rotores 202. As colunas de aterrissagem 206 podem suportar o peso máximo de carga para a combinação de componentes do veículo robótico 200 e, em alguns casos, uma carga útil. Para facilitar a descrição e a ilustração, alguns aspectos detalhados do veículo robótico 200 são omitidos, tal como fiação, interconexões de estrutura de quadro, ou outras características que são conhecidas dos versados na técnica. Por exemplo, enquanto o veículo robótico 200 é ilustrado e descrito como possuindo um quadro 204 que possui vários elementos de suporte ou estruturas de quadro, o veículo robótico 200 pode ser construído utilizando-se um quadro moldado no qual o suporte é obtido através da estrutura moldada. Enquanto o veículo robótico ilustrado 200 possui quatro rotores 202,

isso é meramente um exemplo e várias modalidades podem incluir mais ou menos do que quatro rotores 202.

**[0040]** O veículo robótico 200 pode incluir, adicionalmente, uma unidade de controle 210 que pode alojar vários circuitos e dispositivos utilizados para energizar e controlar a operação do veículo robótico 200. A unidade de controle 210 pode incluir um controlador principal 220, um módulo de energia 230, sensores 240, uma ou mais câmeras 244, um módulo de saída 250, um módulo de entrada 260 e um rádio 270.

**[0041]** O controlador principal 220 pode incluir um processador robusto 221 configurado com instruções executáveis por processador para controlar as manobras e outras operações do veículo robótico 200. O processador robusto 221 pode ser um processador de múltiplos núcleos ou uma montagem de múltiplos processadores. O controlador principal 220 também pode incluir (por exemplo, como um SOC) ou ser acoplado a uma unidade de navegação 222, uma memória 224, uma unidade de sensor/giroscópio/acelerômetro inercial 226 (que pode incluir um acelerômetro, um giroscópio, um magnetômetro, uma unidade de medição inercial e outros componentes similares), e um módulo de aviônico 228, todos acoplados ao processador robusto 221. O controlador principal 220 e/ou a unidade de navegação 222 pode ser configurado para comunicar com um servidor através de uma conexão sem fio (por exemplo, uma rede de dados celulares) para receber dados úteis na navegação, fornecer relatórios de posição em tempo real e dados de avaliação).

**[0042]** O módulo aviônico 228 pode ser acoplado

ao processador robusto 221 e/ou à unidade de navegação 222, e pode ser configurado para fornecer informação relacionada ao controle das manobras, tal como altitude, atitude, velocidade do ar, direção e informações similares que a unidade de navegação 222 pode utilizar para fins de navegação, tal como navegação estimada entre as atualizações de posição do Sistema de Satélite de Navegação Global (GNSS). A unidade de giroscópio/acelerômetro 226 pode incluir um acelerômetro, um giroscópio, um sensor inercial, ou outros sensores similares. O módulo aviônico 228 pode incluir ou receber dados da unidade de giroscópio/acelerômetro 226 que fornece dados referentes à orientação e aceleração do veículo robótico 200 que podem ser utilizados nos cálculos de navegação e posicionamento, além de fornecer dados utilizados em várias modalidades para processamento de imagens.

**[0043]** O controlador principal 220 pode receber, adicionalmente, informação adicional dos sensores 240, tal como o sensor de imagem ou sensor ótico (por exemplo, um sensor capaz de perceber a luz visível, infravermelha, ultravioleta e/ou outros comprimentos de onda de luz). Os sensores 240 também podem incluir um sensor de frequência de rádio (RF), um barômetro, um sensor de umidade, um emissor/detector de sonar, um emissor/detector de radar, um microfone ou outro sensor acústico, um sensor lidar, uma câmera 3D de tempo de voo (TOF), ou outro sensor que possa fornecer informação que possa ser utilizada pelo controlador principal 220 para as operações de movimento, navegação e cálculos de posicionamento, e determinando as condições ambientais. Os sensores 240 também podem incluir

um ou mais sensores configurados para detectar as temperaturas geradas por um ou mais componentes do veículo robótico, tal como termômetros, thermistors, acopladores térmicos, sensores de coeficiente de temperatura positiva, e outros componentes de sensor.

**[0044]** O módulo de energia 230 pode fornecer energia para vários componentes, incluindo o controlador principal 220, os sensores 240, as uma ou mais câmeras 244, o módulo de saída 250, o módulo de entrada 260 e o rádio 270. Adicionalmente, o módulo de energia 230 pode incluir componentes de armazenamento de energia, tal como baterias recarregáveis. O controlador principal 220 pode ser configurado com as instruções executáveis pelo processador para controlar o carregamento do módulo de energia 230 (isso é, o armazenamento da energia colhida), tal como pela execução de um algoritmo de controle de carregamento utilizando um circuito de controle de carga. Alternativamente ou adicionalmente, o módulo de energia 230 pode ser configurado para gerenciar seu próprio carregamento. O controlador principal 220 pode ser acoplado ao módulo de saída 250, que pode enviar os sinais de controle para gerenciar os motores que acionam os rotores 202 e outros componentes.

**[0045]** O veículo robótico 200 pode ser controlado através do controle de motores individuais dos rotores 202 à medida que o veículo robótico 200 progride na direção de um destino. O controlador principal 220 pode receber dados da unidade de navegação 222 e utilizar tais dados a fim de determinar a presente posição e orientação do veículo robótico 200, além do curso adequado na direção

do destino ou locais intermediários. Em várias modalidades, a unidade de navegação 222 pode incluir um sistema de recebimento de GNSS (por exemplo, um ou mais receptores de sistema de posicionamento global (GPS) permitindo que o veículo robótico 200 navegue utilizando os sinais GNSS. Alternativamente ou adicionalmente, a unidade de navegação 222 pode ser equipada com os receptores de navegação de rádio para receber os sinalizadores de navegação ou outros sinais dos nós de rádio, tal como sinalizadores de navegação (por exemplo, sinalizadores de faixa omnidirecional (VOR) de frequência muito alta (VHF)), pontos de acesso Wi-Fi, locais de rede celular, estação de rádio, dispositivos de computação remota, outros veículos robóticos, etc.

**[0046]** O rádio 270 pode ser configurado para receber sinais de navegação, tal como sinais das instalações de navegação de aviação, etc., e fornecer tais sinais para o processador robusto 221 e/ou para a unidade de navegação 222, a fim de auxiliar na navegação do veículo robótico. Em várias modalidades, a unidade de navegação 220 pode utilizar sinais recebidos dos emissores de RF reconhecíveis (por exemplo, estações de rádio AM/FM, pontos de acesso Wi-Fi e as estações base de rede celular) em terra.

**[0047]** A unidade de navegação 222 pode incluir um aplicativo de planejamento que pode realizar os cálculos para planejar um percurso de viagem para o veículo robótico dentro de um espaço volumétrico ("planejamento de percurso"). Em algumas modalidades, o aplicativo de planejamento pode realizar o planejamento de percurso

utilizando informação que inclui informação sobre os aspectos de uma tarefa a ser realizada pelo veículo robótico, informação sobre as condições ambientais, uma quantidade de calor que pode ser gerado por um ou mais componentes do veículo robótico na realização da tarefa, além de uma ou mais restrições térmicas.

**[0048]** O rádio 270 pode incluir um modem 274 e uma antena transmissora/receptora 272. O rádio 270 pode ser configurado para conduzir uma comunicação sem fio com uma variedade de dispositivos de comunicação sem fio (por exemplo, um dispositivo de comunicação sem fio (WCD) 290), exemplos dos quais incluem uma estação base de tecnologia sem fio ou torre celular (por exemplo, a estação base 104), um ponto de acesso de rede (por exemplo, ponto de acesso 106), um sinalizador, um smartphome, um tablet, ou outro dispositivo de computação com o qual o veículo robótico 200 possa se comunicar (tal como o elemento de rede 110). O controlador principal 220 pode estabelecer um link de comunicação sem fio bidirecional 294 através do modem 274 e da antena 272 do rádio 270, e do dispositivo de comunicação sem fio 290 através de uma antena transmissora/receptora 292. Em algumas modalidades, o rádio 270 pode ser configurado para suportar as múltiplas conexões com diferentes dispositivos de comunicação sem fio utilizando diferentes tecnologias de acesso a rádio.

**[0049]** Em várias modalidades, o dispositivo de comunicação sem fio 290 pode ser conectado a um servidor através de pontos de acesso intermediários. Em um exemplo, o dispositivo de comunicação sem fio 290 pode ser um servidor de um operador de veículo robótico, um serviço de

terceiras partes (por exemplo, distribuição de pacote, cobrança, etc.), ou um ponto de acesso de comunicação de sítio. O veículo robótico 200 pode se comunicar com um servidor através de um ou mais links de comunicação intermediários, tal como uma rede de telefonia sem fio que é acoplada a uma rede de área ampla (por exemplo, a Internet), ou outros dispositivos de comunicação. Em algumas modalidades, o veículo robótico 200 pode incluir e empregar outras formas de comunicação de rádio, tal como conexões entrelaçadas com outros veículos robóticos ou conexões com outras fontes de informação (por exemplo, balões ou outras estações para coleta e/ou distribuição de informações climáticas ou outras informação de coleta de dados).

**[0050]** Em várias modalidades, a unidade de controle 210 pode ser equipada com um módulo de entrada 260, que pode ser utilizado para uma variedade de aplicativos. Por exemplo, o módulo de entrada 260 pode receber imagens ou dados de uma câmera embutida 244 ou sensor, ou pode receber sinais eletrônicos de outros componentes (por exemplo, uma carga útil).

**[0051]** Enquanto vários componentes da unidade de controle 210 são ilustrados como componentes separados, alguns ou todos os componentes (por exemplo, o controlador principal 220, o módulo de saída 250, o rádio 270 e outras unidades) podem ser integrados juntos em um único dispositivo, painel de circuito ou módulo, tal como um SOC.

**[0052]** A figura 3 ilustra componentes adicionais dentro de um controlador principal de veículo robótico 220 integrados como um SOC. Com referência às

figuras de 1 a 3, um processador robusto 221 dentro do controlador principal 220 pode incluir um ou mais processadores ou núcleos de processador 314, uma memória de trabalho 316, uma interface de comunicação 318, e uma interface de memória de armazenamento 320. A interface de memória de armazenamento 320 pode ser configurada para permitir que os processadores 314 armazenem dados em e recuperem dados de uma memória de armazenamento 224, que pode ser integrada ao SOC do controlador principal 220, como ilustrado, ou conectado como um componente separado. O controlador principal 220 configurado como um SOC pode incluir um componente de comunicação 322, que pode integrar um rádio 270 a um modem sem fio 274, que é configurado para conectar a uma antena 272 para estabelecer um link de comunicação sem fio, e/ou similares.

**[0053]** O controlador principal 220 integrado como um SOC pode incluir adicionalmente uma interface de hardware 328 configurada para permitir que o processador robusto 221 interfaceie com o módulo de navegação 222, o módulo de sensor/giroscópio/acelerômetro inercial 226, e o módulo aviônico 228, além de se comunicar com e controlar vários componentes de um veículo robótico. Em algumas modalidades, a interface de hardware 328 também pode fornecer uma saída 330 do módulo de navegação 222, módulo de sensor/giroscópio/acelerômetro inercial 226 e/ou módulo aviônico 228 para um controlador auxiliar, como descrito adicionalmente abaixo. A saída 330 para o controlador auxiliar a partir do módulo de navegação 222, módulo de sensor/giroscópio/acelerômetro inercial 226 e/ou módulo aviônico 228 pode ser independente do processador robusto

221, de modo que o controlador auxiliar possa receber dados do módulo de navegação 222, do módulo de sensor/giroscópio/acelerômetro inercial 226, e/ou do módulo aviônico 228, mesmo se o processador robusto 221 parar de enviar sinais de controle. Em algumas modalidades, o processador robusto 221 pode enviar, através da saída 330 para os controladores auxiliares, atualizações periódicas de um conjunto limitado de instruções de controle de motor, como descrito adicionalmente abaixo.

**[0054]** O processador robustos 221 pode incluir uma variedade de tipos diferentes de processadores 314 e núcleos de processador, tal como um processador de finalidade geral, uma unidade de processamento central (CPU), um processador de sinal digital (DSP), uma unidade de processamento gráfico (GPU), uma unidade de processamento acelerado (APU), um processador de subsistema de componentes específicos do dispositivo de processamento, tal como um processador de imagem para um subsistema de câmera ou um processador de exibição para um monitor, um processador auxiliar, um processador de núcleo singular, e um processador de múltiplos núcleos. O processador robusto 221 pode consubstanciar adicionalmente outro hardware ou combinações de hardware, tal como um conjunto de porta programável em campo (FPGA), um circuito integrado específico de aplicativo (ASIC), outro dispositivo lógico programado, lógica de porta discreta, lógica de transistor, hardware de monitoramento de desempenho, hardware de vigilância e referências de tempo. Circuitos integrados podem ser configurados de modo que os componentes do circuito integrado residam em uma única parte do material

semicondutor, tal como o silício.

**[0055]** O controlador principal 220 pode incluir mais de um processador robusto 221, aumentando, assim, o número de processadores 314 e núcleos de processador dentro do controlador principal 220. O controlador principal 220 também pode incluir outros processadores (não ilustrados) que não estão dentro do processador robusto 221. Os um ou mais processadores 314 podem, cada um, ser configurados para fins específicos que podem ser iguais ou diferentes de outros processadores 314 do processador robusto 221 ou SOC do controlador principal 220. Um ou mais dos processadores 314 e núcleos de processador de configurações iguais ou diferentes podem ser agrupados juntos.

**[0056]** A memória de trabalho 316 do processador robusto 221 pode ser uma memória volátil ou não volátil, configurada para armazenar os dados e instruções executáveis por processador para acesso pelo processador 314. O controlador principal 220 e/ou o processador robusto 221 pode incluir uma ou mais memórias de armazenamento 224 configuradas para armazenar dados para várias finalidades, incluindo dados relacionados com missão (por exemplo, dados de vídeo, mapas de navegação, planejamento de missão, etc.). A memória de trabalho 316 pode incluir memórias voláteis, tal como memória de acesso randômico (RAM) ou memória principal, e memória de armazenamento temporário.

**[0057]** Alguns ou todos os componentes do controlador principal 220 e do processador robusto 221 podem ser dispostos diferentemente e/ou combinados enquanto ainda servem às funções dos vários aspectos. O controlador

principal 220 e o processador robusto 221 podem não ser limitados a um de cada um dos componentes, e múltiplos casos de cada componente podem ser incluídos em várias configurações.

**[0058]** A figura 4 é um diagrama em bloco de componente ilustrando os componentes de um veículo robótico convencional 400. Com referência às figuras de 1 a 4, o veículo robótico 400 pode ser similar aos veículos robóticos 102, 200. O veículo robótico 400 é ilustrado como um exemplo de um veículo robótico, mas não deve implicar ou exigir que várias modalidades sejam limitadas aos veículos robóticos aéreos ou veículos robóticos tipo rotorcraft. As várias modalidades podem ser utilizadas com veículos robóticos com asas, veículos autônomos terrestres e veículos autônomos aquáticos.

**[0059]** Um veículo robótico convencional 400 pode incluir um controlador eletrônico de velocidade convencional (ESC) 402 acoplado à unidade de controle 210. O ESC 402 pode manusear as funções incluindo o controle dos aspectos da operação de cada um dos rotores 406 por meio de motores correspondentes 404. O ESC 402 pode ser acoplado ao módulo de energia 230. O módulo de energia 230 (por exemplo, uma bateria a bordo) pode ser acoplado aos motores 404 (por exemplo, através do ESC 402) e do controlador principal 220. Cada motor 404 pode ser associado a um acionador de motor respectivo 402b e a um decodificador 402a. Cada decodificador 402a pode decodificar sinais, tal como sinais de controle, a partir do controlador principal 220 direcionado para um acionador de motor correspondente 402b.

**[0060]** O controlador principal 220 através do ESC 402 pode controlar a energia para os motores 404 para acionar cada um dos rotores 406. O controlador principal 220 através do ESC 402 pode ser utilizado para controlar as velocidades individuais dos motores 404. O ESC 402 pode acionar os motores 404 "para frente" em taxas de rotação diferentes para gerar quantidades variáveis de impulsão auxiliar, ou "para trás" para produzir quantidades variáveis de forças aerodinâmicas mistas. Através do controle dos motores individuais 404 que correspondem a cada um dos rotores 406, o veículo robótico 400 pode ser controlado em voo à medida que o veículo robótico 400 progride na direção de um destino e/ou opera em vários modos de voo.

**[0061]** O controlador principal 220 é tipicamente um dispositivo de processamento robusto capaz de controlar inúmeras funções do veículo robótico, tal como o controle dos motores 404 através do ESC 402, além de outras operações incluindo o controle de voo, o processamento de dados de sensor, o recebimento e processamento de sinais GPS, o controle de rádios para comunicação, e similares. Como notado acima, as consequências de falha ou reinicialização do controlador principal durante as operações de voo de um veículo robótico aéreo podem ser catastróficas visto que o controlador principal 220 interromperá a sinalização do ESC 402, fazendo com que os ESCs parem de energizar os motores 404.

**[0062]** A figura 5 é um diagrama em bloco de componente ilustrando os componentes de um veículo robótico

500, de acordo com várias modalidades. Com referência às figuras de 1 a 5, o veículo robótico 500 pode ser similar aos veículos robóticos 102, 200. O veículo robótico 500 é ilustrado como um exemplo de um veículo robótico que pode utilizar várias modalidades, mas não deve implicar nem exigir que várias modalidades sejam limitadas aos veículos robóticos aéreos ou veículos robóticos tipo rotorcraft. Várias modalidades podem ser utilizadas com veículos robóticos com asas, veículos autônomos terrestres, e veículos autônomos aquáticos.

**[0063]** Em várias modalidades, o veículo robótico 500 pode incluir um ESC 502 acoplado ao controlador principal 220. O ESC 502 também pode ser acoplado ao módulo de energia 230 por um percurso independente do controlador principal 220. O ESC 502 pode incluir um ou mais controladores auxiliares 504, um ou mais circuitos detectores 506, e um ou mais acionadores de motor 508. Os controladores auxiliares 504 podem ser acoplados a uma memória 504a. Em várias modalidades, os circuitos detectores 506 podem ser implementados em hardware como um circuito dedicado, em software executado dentro de um processador (que pode ser um processador dedicado), ou uma combinação de hardware e software (por exemplo, um circuito de detecção que aciona um processo implementado por software). Por exemplo, os circuitos detectores 506 podem ser implementados em instruções executáveis por processador ou controlador que podem ser armazenadas na memória 504a e executadas por controladores auxiliares 504. Como outro exemplo, os circuitos detectores 506 podem ser implementados em um ou mais componentes de hardware do ESC

502. Como outro exemplo, os circuitos detectores 506 podem ser implementados em instruções executáveis por processador armazenadas e executadas em um componente de hardware independente do ESC 502. Outras implementações do circuito detector 506 também são possíveis, incluindo variações e/ou combinações do acima exposto.

**[0064]** Durante as operações normais, o controlador principal 220 pode fornecer uma sequência de sinais de controle para os motores 404 através de acionadores de motor 508 ao longo de um primeiro percurso de sinal 512. Em algumas modalidades, o primeiro percurso de sinal 512 pode acoplar o controlador principal 220 a cada acionador de motor 508 através de um comutador 510 (e, em algumas modalidades, através do circuito detector 506).

**[0065]** Em várias modalidades, o circuito detector 506 pode monitorar o primeiro percurso de sinal 512 para detectar quando o controlador principal 220 para de controlar o ESC 502 (por exemplo, como resultado de uma reinicialização ou falha do controlador principal 220). Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode ser configurado para detectar uma perda dos sinais de controle a partir do controlador principal 220. Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode ser configurado para detectar quando os sinais de controle do controlador principal 220 estão degradados ou não são válidos (por exemplo, excedem um nível limítrofe de uma taxa de erro). Em tais modalidades, o circuito detector 506 pode ser configurado para detectar que o controlador principal 220 parou de enviar sinais de controle válidos. Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode ser configurado

para detectar quando os sinais de controle do controlador principal 220 incluem valores que estão fora de faixa (por exemplo, são um sinal corrompido ou incompreensível). Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode ser configurado para detectar uma perda dos sinais de controle a partir do controlador principal 220. Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode ser configurado para detectar uma perda de sinais de compasso ou um sinal similar do controlador principal 220. Em algumas modalidades, o controlador principal 220 pode enviar sinais de compasso para indicar que o controlador principal está operando normalmente. Em várias modalidades, o controlador principal 220 pode enviar tais sinais de compasso continuamente, periodicamente, ou em um ou outro intervalos de tempo. Em algumas modalidades, os sinais de compasso podem ser fornecidos separadamente dos sinais de controle ESC.

**[0066]** Em várias modalidades, em resposta à detecção de que o controlador principal 220 parou de enviar os sinais de controle válidos para o ESC 502, o circuito detector 506 pode ser configurado para fazer com que o controlador auxiliar 504 assuma o controle do ESC 502 (isso é, comece a emitir os sinais de controle de motor para o ESC 502). Em algumas modalidades, em resposta à detecção de que o controlador principal 220 parou de enviar os sinais de controle para o ESC 502, o circuito detector 506 pode ser configurado para controlar um comutador 510 (por exemplo, através de um sinal de controle 506a) que muda o primeiro percurso de sinal 512 que conecta o controlador principal a cada ESC para um segundo percurso de sinal 514

que conecta cada controlador auxiliar respectivo 504 a seu acionador de motor respectivo 508 (em algumas modalidades, através do circuito detector 506). Em algumas modalidades, a comutação do primeiro percurso de sinal 512 para o segundo percurso de sinal 514 pode incluir a desconexão do primeiro percurso de sinal 512 e a conexão do segundo percurso de sinal 514, que acopla o controlador auxiliar 504 a seu acionador de motor respectivo 508.

**[0067]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 504 pode assumir o controle "de modo seguro" limitado de seu ESC 502 quando o segundo percurso de sinal 514 é conectado pelo comutador 510. Em tais modalidades, o controlador auxiliar 504 pode fornecer sinais de controle de motor para o acionador de motor 508 para alcançar a operação de modo seguro limitado. Em algumas modalidades, o modo seguro de operação pode incluir o controlador auxiliar 504 fornecendo sinais de controle de motor para seu acionador de motor respectivo 504 para alcançar uma operação de modo seguro limitado. Em várias modalidades, o controle do modo seguro limitado inclui substancialmente menos controle sobre manobras através do veículo robótico do que o fornecido pelo controlador principal. Exemplos da operação de modo seguro limitado podem incluir pairar um veículo robótico aéreo, subir lentamente um veículo robótico submersível, ou manter o último ângulo de direcionamento conhecido de um veículo robótico terrestre autônomo. Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 504 pode ser configurado para fornecer sinais de controle de motor para seu acionador de motor 508 por um curto período de tempo que é longo o suficiente para permitir que

o controlador principal complete um processo de reinicialização (por exemplo, realize uma nova partida forçada).

**[0068]** Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode ser configurado para receber sinais do comutador 510. Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode ser posicionado entre cada comutador 510 e seu acionador de motor respectivo 508, e configurado para realizar o monitoramento de falha do percurso de sinal 512 a partir da unidade de controle 210 e do percurso de sinal 514 a partir do controlador auxiliar 504. Por exemplo, o circuito detector 506 pode ser disposto entre o comutador 510 e o acionador de motor 508 ao longo do percurso de sinal. Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode monitorar um percurso de sinal entre cada comutador 510 e seu acionador de motor respectivo 508, mas não precisa ser disposto ao longo desse percurso de sinal. Em tais modalidades, quando o comutador 510 é controlado para conectar o segundo percurso de sinal 514, o circuito detector 506 pode verificar que o controlador auxiliar 504 está fornecendo sinais de controle de motor adequados.

**[0069]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 504 pode executar um conjunto limitado de instruções de controle de motor previamente recebido do controlador principal 220 para continuar a trajetória e a orientação do veículo robótico que existia antes da perda de sinais de controle válidos a partir do controlador principal 220. Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 504 pode executar um conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas, pré-

carregadas a partir da memória ou recebidas do controlador principal 220. O conjunto limitado de instruções de controle de motor pode ser armazenado na memória 504a do controlador auxiliar 504. Em algumas modalidades, durante as operações normais, o controlador auxiliar 504 pode receber e armazenar atualizações periódicas de um conjunto limitado de instruções de controle de motor do controlador principal 220 (por exemplo, instruções por aproximadamente 10 a 15 segundos). Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas pode ir além de uma única instrução ou modo de operação singular, e pode incluir um conjunto de duas ou mais instruções de controle de motor. Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas pode incluir sinais de controle de motor que farão com que o veículo robótico realize as manobras opcionais, tal como as manobras a serem realizadas em resposta à determinação de uma condição ambiental particular e/ou condição do veículo robótico.

**[0070]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 504 pode emitir sinais de controle de motor para seu acionador de motor 508 para permitir a operação de modo seguro limitado e/ou emitir o conjunto limitado de sinais de controle de motor pré-carregados, sozinhos ou em qualquer combinação. Por exemplo, o controlador auxiliar pode emitir um ou mais aspectos do conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregados pelo período de tempo (por exemplo, tal como de 10 a 15 segundos de instruções), e, então, o controlador auxiliar 504 pode comutar (por exemplo, "retornar") para emitir os sinais de

controle de motor para o acionador de motor 508, para fazer com que o veículo robótico entre em uma operação de modo seguro.

**[0071]** Em várias modalidades, cada controlador auxiliar 504 pode receber os registros 516 de um ou mais sensores do veículo robótico 500 (por exemplo, os sensores 240, 226). Por exemplo, cada controlador auxiliar 504 pode receber os registros 516 de um sensor inercial, um giroscópio, e acelerômetros (por exemplo, a partir do módulo de inercial/giroscópio/acelerômetro 226), ou outro sensor do veículo robótico 500. Cada um dos controladores auxiliares 504 pode utilizar os registros 516 dos sensores para determinar os sinais de controle de motor adequados para controlar seu motor respectivo 404 através de seu acionador de motor respectivo 508. Por exemplo, cada um dos controladores auxiliares 504 pode operar independentemente para gerar sinais de controle com base nos registros 516 recebidos dos sensores, e cada um dos controladores auxiliares 504 pode transmitir o sinal de controle gerado para seu acionador de motor respectivo 508. Em algumas modalidades, cada um dos controladores auxiliares 504 pode operar de forma independente para controlar o acionador de motor respectivo 504 e o motor 404, para alcançar o modo de operação seguro e/ou para executar um conjunto limitado de sinais de controle de motor pré-carregados. Em algumas modalidades, cada um dos controladores auxiliares 504 pode receber os registros 516, mesmo se os sinais de controle forem perdidos do controlador principal 220. Em algumas modalidades, cada ESC 502 pode incluir um ou mais sensores independentes (por exemplo, um sensor inercial, giroscópio,

acelerômetro e similares) que podem fornecer controladores auxiliares 504 com informação que o controlador auxiliar 504 pode utilizar para gerar o sinal de controle para seu acionador de motor respectivo 508.

**[0072]** Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode detectar que o controlador principal 220 é capaz de retomar o controle dos ESCs 502. Em algumas modalidades, o circuito detector 506 pode monitorar o processo de reinicialização do controlador principal 220, e pode detectar quando o controlador principal 220 completou seu processo de reinicialização (por exemplo, que o controlador principal voltou a estar online). Em algumas modalidades, em resposta à detecção de que o controlador principal 220 é capaz de retomar o controle dos ESCs 502, o circuito detector 506 pode reconectar com o primeiro percurso de sinal 512 entre o controlador principal 220 e cada ESC 502.

**[0073]** A figura 6 é um diagrama em bloco de componente ilustrando os componentes de um veículo robótico 600, de acordo com várias modalidades. Com referência às figuras de 1 a 6, o veículo robótico 600 pode ser similar aos veículos robóticos 102, 200. O veículo robótico 600 é ilustrado como um exemplo de um veículo robótico que pode utilizar várias modalidades, mas não deve implicar ou exigir que várias modalidades sejam limitadas aos veículos robóticos aéreos ou veículos robóticos tipo rotorcraft. Várias modalidades podem ser utilizadas com veículos robóticos alados, veículos autônomos terrestres, e veículos autônomos aquáticos.

**[0074]** Em várias modalidades, o veículo

robótico 600 pode incluir um ESC 602 acoplado ao controlador principal 220. O ESC 602 também pode ser acoplado ao módulo de energia 230 por um percurso independente do controlador principal 220. O ESC 602 pode incluir um controlador auxiliar 604, um circuito detector 606, um ou mais decodificadores 616 acoplados a um ou mais acionadores de motor respectivos 608. O controlador auxiliar 604 pode ser acoplado a uma memória 604a. Em várias modalidades, o circuito detector 606 pode ser implementado em hardware, software ou uma combinação de hardware e software. Por exemplo, o circuito detector 606 pode ser implementado em instruções executáveis por processador ou executáveis por controlador, que podem ser armazenadas na memória 604a e executadas pelo controlador auxiliar 604. Como outro exemplo, o circuito detector 606 pode ser implementado em um ou mais componentes de hardware do ESC 602. Como outro exemplo, o circuito detector 606 pode ser implementado como instruções executáveis por processador, armazenadas e executadas em um componente de hardware independente do ESC 602. Outras implementações do circuito detector 606 também são possíveis, incluindo variações e/ou combinações do acima.

**[0075]** Durante operações normais, o controlador principal 220 pode fornecer uma série de sinais de controle para os acionadores de motor 608 através dos decodificadores 616 ao longo de um primeiro percurso de sinal 612. Em algumas modalidades, o primeiro percurso de sinal 612 pode acoplar o controlador principal 220 a cada decodificador 616 e cada acionador de motor 608 através de um comutador 610. Cada decodificador 616 pode decodificar o

seu sinal de controle do controlador principal 220 (ou controlador auxiliar 604) e fornecer os sinais de controle decodificados para seu acionador de motor respectivo 608. Em algumas modalidades, cada decodificador 616 pode determinar se os sinais de controle recebidos do controlador principal 220 ou do controlador auxiliar 604 são destinados a seu respectivo acionador de motor 608.

**[0076]** Em várias modalidades, o circuito detector 606 pode ser configurado para monitorar o primeiro percurso de sinal 612 para detectar quando o controlador principal 220 para de enviar os sinais de controle para o ESC 602 (por exemplo, como resultado de uma reinicialização ou falha de processador do controlador principal 220). Em algumas modalidades, o circuito detector 600 pode ser configurado para detectar uma perda de sinais de controle do controlador principal 220. Em algumas modalidades, o circuito detector 606 pode ser configurado para detectar quando os sinais de controle do controlador principal 220 estão degradados ou não são válidos (por exemplo, excedem um nível limítrofe de uma taxa de erro). Em tais modalidades, o circuito detector 606 pode ser configurado para detectar que o controlador principal 220 parou de enviar os sinais de controle válidos. Em algumas modalidades, o circuito detector 606 pode ser configurado para detectar quando os sinais de controle do controlador principal 220 incluem valores que estão fora da faixa (por exemplo, é um sinal corrompido ou incompreensível). Em algumas modalidades, o circuito detector 606 pode ser configurado para detectar uma perda do sinal de controle do controlador principal 220. Em algumas modalidades, o

circuito detector 606 pode ser configurado para detectar uma perda dos sinais de compasso ou outro sinal similar do controlador principal 220. Em algumas modalidades, o controlador principal 220 pode fornecer sinais de compasso para indicar que o controlador principal está operando normalmente. Em várias modalidades, o controlador principal 220 pode fornecer os sinais de compasso continuamente, periodicamente ou em um ou mais intervalos de tempo. Em algumas modalidades, os sinais de compasso podem ser fornecidos separados de um ou mais outros sinais de controle.

**[0077]** Em várias modalidades, em resposta à detecção de que o controlador principal 220 parou de enviar os sinais de controle válidos para o ESC 602, o circuito detector 606 pode ser configurado para controlar o controlador auxiliar 604 para assumir o controle do ESC 602. Em algumas modalidades, em resposta à detecção de que o controlador principal 220 parou de enviar os sinais de controle para o ESC 602, o circuito detector 606 pode ser configurado para controlar o comutador 610 (por exemplo, através de um sinal de controle 606a) para comutar do primeiro percurso de sinal 612, que conecta o controlador principal 220 ao ESC 602, para um segundo percurso de sinal 614, que conecta o ESC 602 a seu controlador auxiliar 604. Em algumas modalidades, a comutação do primeiro percurso de sinal 612 para o segundo percurso de sinal 614 inclui a desconexão do primeiro percurso de sinal 612 e a conexão do segundo percurso de sinal 614, que acopla o controlador auxiliar 604 aos decodificadores 616.

**[0078]** Em algumas modalidades, o controlador

auxiliar 604 pode emitir sinais de controle de motor para os acionadores de motor 608 (por exemplo, através de cada decodificador respectivo 616) que fazem com que cada motor 404 opere de uma forma que coloque o veículo robótico em um "modo seguro" quando o segundo percurso de sinal 614 é conectado pelo computador 610. Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 604 pode ser configurado para assumir o controle do ESC 602 por um curto período de tempo, tal como tempo suficiente para permitir que o controlador principal complete uma reinicialização (por exemplo, realizar uma nova partida forçada). Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 604 pode emitir sinais de controle de motor para os decodificadores respectivos 616 para controlar cada um dos acionadores de motor 608, de modo que os motores operem de forma consistente com a operação de modo seguro limitado. Como descrito, as operações de modo seguro limitado podem incluir pairar um veículo robótico aéreo, subir lentamente um veículo robótico submersível, ou manter o pelo menos último ângulo de direcionamento conhecido de um veículo robótico terrestre autônomo. Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 604 pode gerar sinais de controle de motor para cada um dos acionadores de motor 608 de forma independente, alcançando, assim, o controle independente de cada motor 404 através do decodificador respectivo 616 e do acionador de motor 608. Em algumas modalidades, os controladores auxiliares 604 podem receber os registros 618, mesmo se os sinais de controle forem perdidos do controlador principal 220. Em algumas modalidades, o ESC 602 pode incluir um ou mais sensores independentes (por exemplo, um sensor inercial,

giroscópio, acelerômetro, e similares) que podem fornecer ao controlador auxiliar 604 informação que o controlador auxiliar 604 pode utilizar para gerar sinais de controle para um ou mais acionadores de motor 608.

**[0079]** Em algumas modalidades, o circuito detector 606 pode ser configurado para receber sinais do comutador 610. Em algumas modalidades, o circuito detector 606 pode ser posicionado entre o comutador 610 e os acionadores de motor 608, e configurado para realizar o monitoramento de falha do percurso de sinal 612, a partir da unidade de controle 210 e do percurso de sinal 614 do controlador auxiliar 604. Por exemplo, o circuito detector 606 pode ser disposto entre o comutador 610 e os decodificadores 616 ao longo do percurso de sinal. Em algumas modalidades, o circuito detector 606 pode monitorar um percurso de sinal entre o comutador 610 e o circuito detector 606, mas não precisa ser disposto ao longo desse percurso de sinal. Em tais modalidades, quando o comutador 610 é controlado para conectar o segundo percurso de sinal 614, o circuito detector 606 pode verificar que o controlador auxiliar 604 está fornecendo sinais de controle de motor para os decodificadores 616.

**[0080]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 604 pode executar um conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas, pré-carregadas na fábrica ou recebidas do controlador principal 220. O conjunto limitado de instruções de controle de motor pode ser armazenado na memória 604a do controlador auxiliar 604. Em algumas modalidades, durante as operações normais, o controlador auxiliar 604 pode receber e armazenar as

atualizações periódicas de um conjunto limitado de instruções de controle de motor a partir do controlador principal 220 (por exemplo, instruções por aproximadamente 10 a 15 segundos). Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas pode ir além de uma única instrução ou único modo de operação, e pode incluir um conjunto de duas ou mais instruções de controle de motor. Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções pré-carregadas pode incluir sinais de controle de motor que farão com que o veículo robótico continue uma manobra sendo realizada pelo veículo robótico pouco antes da perda dos sinais de controle válidos do controlador principal. Por exemplo, o controlador auxiliar 604 pode emitir sinais de controle de motor que fazem com que o veículo robótico continue a percorrer ao longo do percurso de viagem sendo seguido pouco antes da perda dos sinais de controle válidos do controlador principal. Como outro exemplo, o controlador auxiliar 604 pode emitir sinais de controle de motor que repetem ou reproduzem os sinais de controle de motor enviados para o ESC pouco antes da perda dos sinais de controle válidos a partir do controlador principal, o que pode resultar na manutenção de uma atitude, direção e/ou velocidade do veículo robótico, enquanto o controlador principal completa uma reinicialização. Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas pode suportar manobras opcionais, tal como manobras a serem realizadas em resposta à determinação de uma condição ambiental particular e/ou condição do veículo robótico (por exemplo, com base no

registro recebido de um ou mais sensores do veículo robótico, como descrito adicionalmente abaixo).

**[0081]** Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 604 pode emitir sinais de controle de motor para um ou mais acionadores de motor 608 através do decodificador respectivo 616 para permitir a operação de modo seguro limitado e/ou emitir o conjunto limitado de sinais de controle de motor pré-carregados, sozinhos ou em qualquer combinação. Por exemplo, o controlador auxiliar pode emitir um ou mais aspectos do conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas por um período de tempo (por exemplo, tal como de 10 a 15 segundos de instruções), e, então, o controlador auxiliar pode comutar (por exemplo, "retornar") para emitir os sinais de controle de motor para os acionadores de motor 608 através do decodificador respectivo 616 para fazer com que o veículo robótico entre em uma operação de modo seguro.

**[0082]** Em várias modalidades, o controlador auxiliar 604 pode receber registros 618 de um ou mais sensores do veículo robótico 600 (por exemplo, os sensores 240, 226), por exemplo, registrados a partir de um sensor inercial, um giroscópio, e acelerômetros (por exemplo, a partir do módulo inercial/giroscópio/acelerômetro 226), ou outro sensor do veículo robótico 600. O controlador auxiliar 604 pode utilizar o registro 618 dos sensores para determinar os sinais de controle de motor adequados para controlar cada um dos motores 404 através de seu respectivo acionador de motor 608. Por exemplo, o controlador auxiliar 604 pode gerar diferentes sinais de controle de motor para cada um dos acionadores de motor 608 com no registro 618, e

o controlador auxiliar 604 pode transmitir o sinal de controle gerado para seu acionador de motor respectivo 608 através de seu decodificador respectivo 616. Em algumas modalidades, o controlador auxiliar 604 pode controlar, independentemente, cada um dos motores 404 através dos decodificadores respectivos 616 e dos acionadores de motor 608, para alcançar o modo de operação seguro e/ou para executar o conjunto limitado de instruções de controle de motor pré-carregadas.

**[0083]** Em algumas modalidades, o circuito detector 606 pode detectar que o controlador principal 220 é capaz de retomar o controle do ESC 602. Em algumas modalidades, o circuito detector 606 pode monitorar o processo de reinicialização do controlador principal 220 e pode detectar quando o controlador principal 220 completou seu processo de reinicialização (por exemplo, que o controlador principal está de volta online). Em algumas modalidades, em resposta à detecção de que o controlador principal 220 é capaz de retomar o controle do ESC 602, o circuito detector 606 pode reconectar o primeiro percurso de sinal 612 entre o controlador principal 220 e o ESC 602.

**[0084]** A figura 7 ilustra um método 700 de gerenciamento de operações de um veículo robótico, de acordo com várias modalidades. Com referência às figuras de 1 a 7, o método 700 pode ser implementado em componentes de hardware e/ou componentes de software do veículo robótico (por exemplo, 102, 200), a operação do qual pode ser controlada por um ou mais circuitos detectores (por exemplo, 506, 606 e/ou similares) e os controladores auxiliares (por exemplo, 504, 604, e/ou similares) do

veículo robótico.

**[0085]** No bloco 702, o circuito detector pode monitorar um primeiro percurso de sinal (por exemplo, 512, 612) pelo qual um controlador principal do veículo robótico (por exemplo, 220) pode fornecer um ou mais sinais de controle para os motores (por exemplo, 404) através dos acionadores de motor (por exemplo, 508, 608).

**[0086]** No bloco de determinação 704, o circuito detector pode determinar se o controlador principal parou de enviar os sinais de controle para um ESC (por exemplo, 502, 602) do veículo robótico. Em algumas modalidades, o circuito detector pode detectar quando o controlador principal para de controlar o ESC, por exemplo, como resultado de uma reinicialização ou falha do controlador principal.

**[0087]** Em resposta à determinação de que o controlador principal não parou de enviar sinais de controle para o ESC (isto é, bloco de determinação 704 = "Não"), o circuito detector pode continuar a monitorar os primeiros percursos de sinal no bloco 702.

**[0088]** Em resposta à determinação de que o controlador principal parou de enviar os sinais de controle para o ESC (isto é, o bloco de determinação 704 = "Sim"), o circuito detector pode controlar o controlador auxiliar para assumir o controle do ESC associado no bloco 706. Em algumas modalidades, o circuito detector pode controlar um comutador (por exemplo, 510, 610) no bloco 706 para comutar do primeiro percurso de sinal, que conecta o controlador principal a um ou mais ESCs, para um segundo percurso de sinal, que conecta os um ou mais ESCs a um ou mais

controladores auxiliares.

**[0089]** No bloco 708, os um ou mais controladores auxiliares podem emitir sinais de controle de motor para os ESCs configurados para controlar os motores, de modo que o veículo robótico entre em um modo de operação seguro. Exemplos de modos de operação seguros limitados incluem pairar um veículo robótico aéreo, subir lentamente um veículo robótico submersível, ou manter o último ângulo de direcionamento conhecido para um veículo robótico terrestre autônomo.

**[0090]** No bloco 710, o circuito detector pode determinar se o controlador principal é capaz de retomar o controle do ESC. Em algumas modalidades, o circuito detector pode determinar se o controlador principal é capaz de retomar o envio de sinais de controle válidos para o ESC. Por exemplo, o circuito detector pode determinar quando o controlador principal completou um processo de reinicialização, ou que o controlador principal está de volta online. Em algumas modalidades, o circuito detector pode detectar os sinais de controle de motor do controlador principal.

**[0091]** Em resposta à determinação de que o controlador principal não é capaz de retomar o controle do ESC (isso é, bloco de determinação 710 = "Não"), os um ou mais controladores auxiliares podem continuar a emitir sinais de controle de motor para os ESCs no bloco 708. Em algumas modalidades, o circuito detector pode manter a conexão do segundo percurso de sinal em resposta à determinação de que o controlador principal não é capaz de retomar o controle do ESC.

**[0092]** Em resposta à determinação de que o controlador principal é capaz de retomar o controle do ESC (isso é, bloco de determinação 710 = "Sim"), o circuito detector pode controlar os um ou mais controladores auxiliares para abandonar o controle de cada ESC associado em favor do controlador principal. Em algumas modalidades, em resposta à determinação de que o controlador principal é capaz de retomar o controle do ESC, o circuito detector pode desconectar o segundo percurso de sinal e reconectar o primeiro percurso de sinal entre o controlador principal e cada ESC.

**[0093]** O processador pode continuar a monitorar os primeiros percursos de sinal no bloco 702.

**[0094]** A figura 8 ilustra um método 800 de gerenciamento de operações de um veículo robótico de acordo com várias modalidades. Com referência às figuras de 1 a 8, o método 800 pode ser implementado em componentes de hardware e/ou componentes de software do veículo robótico (por exemplo, 102, 200), a operação dos quais pode ser controlada por um ou mais processadores (por exemplo, o controlador 220, 504, 604 e/ou similares) do veículo robótico. Nos blocos 702-712, o processador do veículo robótico pode realizar as operações de blocos de numeração similar do método 700, como descrito.

**[0095]** No bloco 802, um controlador auxiliar (por exemplo, 504, 604) pode receber e armazenar atualizações periódicas de um conjunto limitado de instruções de controle de motor a partir de um controlador principal (por exemplo, 220). Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções de controle de motor pode

ser de instruções por um período de tempo relativamente curto (por exemplo, instruções por aproximadamente 10 a 15 segundos). Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções de controle de motor pode incluir um conjunto de duas ou mais instruções de controle de motor. Em algumas modalidades, o conjunto limitado de instruções de controle de motor pode incluir controles de motor que farão com que o veículo robótico realize manobras opcionais, tal como as manobras a serem realizadas em resposta à determinação de uma condição ambiental em particular, e/ou condição do veículo robótico. O conjunto limitado de instruções de controle de motor pode ser armazenado em uma memória associada ao controlador auxiliar.

**[0096]** No bloco opcional 804, depois que um ou mais controladores auxiliares começam a emitir os sinais de controle de motor para o ESC no bloco 706, o processador pode inicializar um temporizador, que pode ser utilizado como adicionalmente descrito abaixo.

**[0097]** No bloco 806, os controladores auxiliares podem executar o conjunto pequeno de instruções de controle de motor para gerar e emitir sinais de controle de motor para o ESC.

**[0098]** Na determinação do bloco 808, o circuito detector pode determinar se o controlador principal é capaz de retomar o controle do ESC.

**[0099]** Em resposta à determinação de que o controlador principal é capaz de retomar o controle do ESC (isso é, bloco de determinação 808 = "Sim"), o circuito detector pode controlar o controlador auxiliar para abdicar do controle do ESC associado no bloco 712.

**[00100]** Em resposta à determinação de que o controlador principal não é capaz de retomar o controle do ESC (isso é, bloco de determinação 808 = "Não"), o controlador auxiliar pode determinar se o conjunto limitado de instruções de controle de motor foi completado no bloco de determinação 810.

**[00101]** Em resposta à determinação de que o conjunto pequeno de instruções de controle de motor não foi completado (isso é, o bloco de determinação 810 = "Não"), o controlador auxiliar pode determinar se o temporizador expirou no bloco de determinação opcional 812.

**[00102]** Em resposta à determinação de que o temporizador não expirou (isso é, bloco de determinação opcional 812 = "Não"), o controlador auxiliar pode continuar a executar o conjunto limitado de instruções de controle de motor no bloco 806.

**[00103]** Em resposta à determinação de que o conjunto limitado de instruções de controle de motor foi completado (isso é, bloco de determinação 810 = "Sim"), ou em resposta à determinação de que o temporizador expirou no bloco de determinação opcional 812 (isso é, o bloco de determinação opcional 812 = "Sim"), o controlador auxiliar pode começar a emitir sinais de controle de motor para os ESCs no bloco 708 que fazem com que o veículo robótico realize um modo de operações seguro limitado.

**[00104]** A figura 9 ilustra um método 900 de gerenciamento de operações de um veículo robótico de acordo com várias modalidades. Com referência às figuras de 1 a 9, o método 900 pode ser implementado em componentes de hardware e/ou componentes de software do veículo robótico

(por exemplo, 102, 200), a operação do qual pode ser controlada por um ou mais processadores (por exemplo, o controlador 220, 504, 604 e/ou similares) do veículo robótico. Nos blocos 702-712 e 802-812, o processador do veículo robótico pode realizar as operações dos blocos de numeração similar dos métodos 700 e 800, como descrito.

**[00105]** Nas várias modalidades, um processador do veículo robótico pode testar a operação dos vários controladores auxiliares (por exemplo, 504, 604) de tempos em tempos, e pode realizar uma ação ou realizar uma manobra para proteger o veículo robótico no caso de uma falha no controlador auxiliar ser detectada. A detecção de uma falha em um controlador auxiliar pode indicar que o veículo robótico está vulnerável (por exemplo, pode bater) no caso de o controlador principal falhar ou reiniciar. Dessa forma, o teste dos controladores auxiliares por sua funcionalidade pode ser realizado como parte de teste pré-voo e/ou periodicamente durante a operação, como parte da garantia de uma operação segura do veículo robótico.

**[00106]** No bloco 902, os controladores auxiliares e/ou um controlador principal (por exemplo, 220) podem realizar um teste de controladores auxiliares configurados para determinar se cada controlador auxiliar é capaz de funcionar adequadamente. Por exemplo, tal teste pode envolver a sinalização e/ou análise de respostas para determinar se um ou mais parâmetros do controlador auxiliar correspondem a um nível limítrofe de desempenho e/ou critérios indicativos de funcionamento adequados. Por exemplo, o controlador auxiliar pode enviar um sinal de teste para o controlador principal e, com base no sinal de

teste do controlador auxiliar, o controlador principal pode determinar se o controlador auxiliar está funcionando adequadamente. Em algumas modalidades, em resposta a um sinal de teste de um controlador auxiliar, o controlador principal pode enviar um sinal de resposta, e com base no sinal de resposta, o controlador auxiliar pode determinar se está funcionando adequadamente. Como outro exemplo, o controlador principal pode enviar um sinal de teste para o controlador auxiliar. Em algumas modalidades, com base no sinal de teste do controlador principal, o controlador auxiliar pode determinar se está funcionando ou se é capaz de funcionar adequadamente. Em algumas modalidades, em resposta a um sinal de teste do controlador principal, o controlador auxiliar pode enviar um sinal de resposta, e, com base no sinal de resposta, o controlador principal pode determinar se o controlador auxiliar está funcionando ou é capaz de funcionar adequadamente.

**[00107]** No bloco de determinação 904, o processador do veículo robótico (por exemplo, o controlador principal e/ou o controlador auxiliar) pode determinar se uma falha do controlador auxiliar foi detectada.

**[00108]** Em resposta à determinação de que uma falha do controlador auxiliar não foi detectada (isso é, o bloco de determinação 904 = "Não"), as operações do bloco de determinação 704 do método 700 podem ser realizadas como descrito.

**[00109]** Em resposta à detecção de uma falha no controlador auxiliar (isso é, bloco de determinação 904 = "Sim"), o processador pode fazer com que o veículo robótico realize uma ação ou realize uma manobra de segurança para

proteger o veículo robótico no bloco 906. Como exemplos de uma manobra de segurança, um veículo robótico aéreo pode aterrissar se a falha for detectada enquanto estiver em voo, um veículo robótico submersível pode vir à superfície, e um veículo robótico terrestre pode manobrar para uma localização segura (por exemplo, para o lado de uma estrada). Como outro exemplo de uma manobra de segurança, qualquer tipo de veículo robótico pode retornar para uma base. Como um exemplo adicional, a operação do veículo robótico pode ser inibida se a falha for detectada durante um teste pré-operação.

**[00110]** Várias modalidades ilustradas e descritas são fornecidas meramente como exemplos para ilustrar várias características das reivindicações. No entanto, as características ilustradas e descritas com relação a qualquer modalidade determinada não são necessariamente limitadas à modalidade associada e podem ser utilizadas ou combinadas com outras modalidades que são ilustradas e descritas. Adicionalmente, as reivindicações não devem ser limitadas por qualquer modalidade ilustrativa. Por exemplo, uma ou mais operações dos métodos 700 e 800 podem ser substituídos por ou combinados com uma ou mais operações dos métodos 700 e 800 e vice-versa.

**[00111]** As descrições do método acima e os fluxogramas de processo são fornecidos meramente como exemplos ilustrativos e não devem exigir ou implicar que as operações de várias modalidades devam ser realizadas na ordem apresentada. Como será apreciado pelos versados na técnica, a ordem das operações nas modalidades acima pode ser outra ordem. Termos tal como "doravante", "então",

"próximo", etc. não devem limitar a ordem das operações, esses termos são utilizados para orientar o leitor através da descrição dos métodos. Adicionalmente, qualquer referência aos elementos de reivindicação no singular, por exemplo, utilizando os artigos "um", "uma", ou "o", "a", não devem ser considerados como limitadores do elemento ao singular.

**[00112]** Vários blocos lógicos, módulos, circuitos e operações de algoritmo ilustrativos, descritos com relação às modalidades descritas aqui podem ser implementados como hardware eletrônico, software de computador, ou combinações de ambos. Para se ilustrar com clareza essa capacidade de intercâmbio de hardware e software, vários componentes ilustrativos, blocos, módulos, circuitos e operações foram descritos acima geralmente em termos de sua funcionalidade. Se tal funcionalidade é implementada como hardware ou software, depende da aplicação em particular e das restrições de projeto impostas ao sistema como um todo. Os versados na técnica podem implementar a funcionalidade descrita de várias formas para cada aplicação em particular, mas tais decisões de modalidade não devem ser interpretadas como responsáveis pelo distanciamento do escopo das reivindicações.

**[00113]** O hardware utilizado para implementar várias lógicas ilustrativas, blocos lógicos, módulos e circuitos descritos com relação aos aspectos descritos aqui podem ser implementados ou realizados com um processador de finalidade geral, um processador de sinal digital (DSP), um circuito integrado específico de aplicativo (ASIC), um conjunto de porta programável em campo (FPGA) ou outro

dispositivo lógico programável, porta discreta ou lógica de transistor, componentes de hardware discretos, ou qualquer combinação dos mesmos projetada para realizar as funções descritas aqui. Um processador de finalidade geral pode ser um microprocessador, mas, na alternativa, o processador pode ser qualquer processador, controlador, microcontrolador ou máquina de estado convencional. Um processador também pode ser implementado como uma combinação de objetos inteligentes de receptor, por exemplo, uma combinação de DSP e um microprocessador, uma pluralidade de microprocessadores, um ou mais microprocessadores em conjunto com um núcleo DSP, ou qualquer outra configuração similar. Alternativamente, algumas operações ou métodos podem ser realizados pelo conjunto de circuitos que é específico para uma função determinada.

**[00114]** Em um ou mais aspectos, as funções descritas podem ser implementadas em hardware, software, firmware ou qualquer combinação dos mesmos. Se implementadas em software, as funções podem ser armazenadas como uma ou mais instruções ou código em um meio de armazenamento legível por computador não transitório ou meio de armazenamento legível por processador não transitório. As operações de um método ou algoritmo descritas aqui podem ser consubstanciadas em um módulo de software executável por processador ou instruções executáveis por processador, que podem residir em um meio de armazenamento legível por computador ou legível por processador não transitório. O meio de armazenamento legível por computador ou legível por processador não

transitório pode ser qualquer meio de armazenamento que possa ser acessado por um computador ou um processador. Por meio de exemplo, mas não de limitação, tal meio de armazenamento legível por computador ou legível por processador não transitório pode incluir RAM, ROM, EEPROM, memória FLASH, CD-ROM ou outro armazenamento em disco ótico, armazenamento em disco magnético ou outros objetos inteligentes de armazenamento magnético, ou qualquer outro meio que possa ser utilizado para armazenar o código de programa desejado na forma de instruções ou estruturas de dados e que possa ser acessado por um computador. Disquete e disco, como utilizados aqui, incluem disco compacto (CD), disco a laser, disco ótico, disco versátil digital (DVD), disquete e disco Blu-ray, onde disquetes normalmente reproduzem os dados magneticamente, enquanto que os discos reproduzem os dados óticamente com lasers. Combinações do acima também devem ser incluídas no escopo de meio legível por computador e legível por processador não transitório. Adicionalmente, as operações de um método ou algoritmo podem residir como um ou qualquer combinação ou conjunto de códigos e/ou instruções em um meio de armazenamento legível por processador não transitório e/ou meio de armazenamento legível por computador não transitório, que podem ser incorporados a um produto de programa de computador.

**[00115]** A descrição anterior das modalidades descritas é fornecida para permitir que qualquer pessoa versada na técnica possa criar ou utilizar as reivindicações. Várias modificações a essas modalidades serão prontamente aparentes aos versados na técnica, e os princípios genéricos definidos aqui podem ser aplicados a

outras modalidades sem se distanciar do espírito ou escopo das reivindicações. Dessa forma, a presente descrição não deve ser limitada às modalidades ilustradas aqui, mas deve ser acordado o escopo mais amplo consistente com as reivindicações a seguir e os princípios e características de novidade descritos aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para manter o controle de um veículo robótico quando os sinais de controle de um controlador principal são perdidos, compreendendo:

monitorar, por meio de um circuito detector, sinais de controle de um controlador principal do veículo robótico para um controlador eletrônico de velocidade (ESC), a fim de detectar uma perda dos sinais de controle válidos para o ESC; e

fazer com que um controlador auxiliar comece a emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores, a fim de manter o controle do veículo robótico em resposta à detecção de uma perda de sinais de controle válidos para o ESC.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, no qual fazer com que o controlador auxiliar comece a emitir sinais de controle de motor para o ESC, em resposta à detecção da perda de sinais de controle válidos do controlador principal para o ESC, compreende desconectar um primeiro percurso de sinal, que acopla o primeiro controlador ao ESC, e conectar um segundo percurso de sinal, que acopla o controlador auxiliar ao ESC.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo adicionalmente:

determina se o controlador principal é capaz de retomar o envio de sinais de controle válido para o ESC; e

fazer com que o controlador auxiliar pare de enviar os sinais de controle de motor para o ESC em resposta à determinação de que o controlador principal é capaz de retomar o envio de sinais de controle válidos para

o ESC.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, no qual determinar se o controlador principal é capaz de retomar o envio de sinais de controle válidos para o ESC compreende detectar que o controlador principal completou um processo de reinicialização.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, no qual o controlador auxiliar é configurado pelas instruções de controle de motor, armazenadas na memória, para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores e manter o controle do veículo robótico.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, no qual as instruções de controle de motor armazenadas na memória configuram o controlador auxiliar para emitir os sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores e fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro.

7. Método, de acordo com a reivindicação 5, compreendendo adicionalmente:

receber, por meio do controlador auxiliar, instruções de controle de motor a partir do controlador principal antes da perda dos sinais de controle válidos; e armazenar, pelo controlador auxiliar, as instruções de controle de motor recebidas na memória.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, no qual as instruções de controle de motor recebidas do controlador principal configuram o controlador auxiliar para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores e fazer com que o veículo robótico mantenha uma atitude, direção ou velocidade do

veículo robótico antes da perda de sinais de controle válidos.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, no qual emitir, por meio do controlador auxiliar, sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores, a fim de manter o controle do veículo robótico compreende:

executar um conjunto de instruções de controle de motor para emitir os sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores e fazer com que o veículo robótico realize uma manobra;

determinar se o conjunto de instruções de controle de motor foi completado; e

emitir os sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores para fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro em resposta à determinação de que o conjunto de instruções de controle de motor foi completado.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, compreendendo adicionalmente:

inicializar um temporizador depois de detectar uma perda de sinais de controle válidos para o ESC;

Determinar se o temporizador expirou em resposta à determinação de que o conjunto de instruções de controle de motor não foi completado; e

emitir sinais de controle de motor para o ESC a fim de controlar os um ou mais motores para fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro em resposta à determinação de que o temporizador expirou.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1,

compreendendo adicionalmente:

realizar um teste de controlador auxiliar;  
determinar se uma falha no controlador auxiliar foi detectada; e

realizar uma ação para proteger o veículo robótico em resposta à detecção de uma falha no controlador auxiliar.

12. Veículo robótico, compreendendo:

um motor;  
um controlador eletrônico de velocidade (ESC) acoplado a um motor;

um controlador principal acoplado ao ESC;  
um circuito detector configurado para monitorar sinais de controle a partir do controlador principal para o ESC para detectar uma perda dos sinais de controle válidos para o ESC; e

um controlador auxiliar configurado para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar o motor a fim de manter o controle do veículo robótico, em resposta a uma detecção, pelo circuito detector, de uma perda de sinais de controle válidos a partir do controlador principal para o ESC.

13. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 12, compreendendo adicionalmente um comutador conectado ao circuito detector e ao controlador auxiliar e configurado para desconectar um primeiro percurso de sinal, que acopla o controlador principal ao ESC, e conectar um segundo percurso de sinal, que acopla o controlador auxiliar ao ESC, para fazer com que o controlador auxiliar comece a emitir sinais de controle de motor para o ESC em

resposta a uma detecção, pelo circuito detector, de uma perda de sinais de controle válidos do controlador principal para o ESC.

14. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 12, no qual o circuito detector é adicionalmente configurado para determinar se o controlador principal é capaz de retomar o envio de sinais de controle válidos para o ESC.

15. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 14, compreendendo adicionalmente um comutador conectado ao circuito detector e ao controlador auxiliar e configurado para desconectar um percurso de sinal, que acopla o controlador auxiliar ao ESC, para fazer com que o controlador auxiliar pare de enviar os sinais de controle de motor para o ESC e para conectar um percurso de sinal, que acopla o controlador principal ao ESC, em resposta a uma determinação, pelo circuito detector, que o controlador principal é capaz de retomar o envio dos sinais de controle válidos para o ESC.

16. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 14, no qual o circuito detector é adicionalmente configurado para determinar que o controlador principal é capaz de retomar o envio de sinais de controle válidos para o ESC em resposta à detecção de que o controlador principal completou um processo de reinicialização.

17. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 12, no qual o controlador auxiliar é configurado pelas instruções de controle de motor armazenadas na memória para emitir sinais de controle de

motor para o ESC para controlar os um ou mais motores a fim de manter o controle do veículo robótico.

18. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 17, no qual as instruções de controle de motor armazenadas na memória configuram o controlador auxiliar para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores, a fim de fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro.

19. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 17, no qual o controlador auxiliar é configurado para:

receber instruções de controle de motor do controlador principal antes da perda dos sinais de controle válidos; e

armazenar as instruções de controle de motor recebidas na memória.

20. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 19, no qual as instruções de controle de motor recebidas do controlador principal configuram o controlador auxiliar para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores, a fim de fazer com que o veículo robótico mantenha uma atitude, direção ou velocidade do veículo robótico antes da perda dos sinais de controle válidos.

21. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 12, no qual o controlador auxiliar é adicionalmente configurado para :

executar um conjunto de instruções de controle de motor para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores a fim de fazer com que

o veículo robótico realize uma manobra;

determinar se o conjunto de instruções de controle de motor foi completado; e

emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores para fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro, em resposta à determinação de que o conjunto de instruções de controle de motor foi completado.

22. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 21, no qual o controlador auxiliar é adicionalmente configurado para:

inicializar um temporizador depois da detecção de uma perda dos sinais de controle válidos a partir do controlador principal para o ESC;

Determinar se o temporizador expirou em resposta à determinação de que o conjunto de instruções de controle de motor não foi completado; e

emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores para fazer com que o veículo robótico assuma um modo de operação seguro em resposta à determinação de que o temporizador expirou.

23. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 12, no qual o controlador principal é configurado com instruções executáveis por processador para:

realizar um teste do controlador auxiliar;

Determinar se uma falha no controlador auxiliar foi detectada; e

realizar uma ação para proteger o veículo robótico em resposta à detecção de uma falha no controlador

auxiliar.

24. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 12, no qual o circuito detector é um componente dentro do controlador auxiliar.

25. Veículo robótico, de acordo com a reivindicação 12, no qual o controlador auxiliar é um componente dentro do ESC.

26. Controlador auxiliar para uso em um veículo robótico configurado para:

emitir sinais de controle de motor para um controlador eletrônico de velocidade (ESC) para controlar os um ou mais motores, a fim de manter o controle do veículo robótico em resposta a uma detecção, por um circuito detector, de uma perda de sinais de controle válidos de um controlador principal para o ESC.

27. Controlador auxiliar, de acordo com a reivindicação 26, no qual o controlador auxiliar é adicionalmente configurado para emitir sinais de controle de motor para o ESC em resposta ao circuito detector que controla um comutador para desconectar um primeiro percurso de sinal, que acopla o controlador principal ao ESC, e conectar um segundo percurso de sinal, que acopla o controlador auxiliar ao ESC.

28. Controlador auxiliar, de acordo com a reivindicação 26, no qual o controlador auxiliar é adicionalmente configurado para:

determinar se o controlador principal é capaz de retomar o controle do ESC; e

interromper o envio dos sinais de controle de motor para o ESC em resposta a uma determinação, pelo

circuito detector, de que o controlador principal é capaz de retomar o controle do ESC.

29. Controlador auxiliar, de acordo com a reivindicação 26, no qual o controlador auxiliar é configurado, pelas instruções de controle de motor armazenadas na memória, para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores a fim de manter o controle do veículo robótico.

30. Veículo robótico, compreendendo:

meios para monitorar uma perda de sinais de controle válidos a partir de um controlador principal do veículo robótico para um controlador eletrônico de velocidade (ESC); e

meios para emitir sinais de controle de motor para o ESC para controlar os um ou mais motores a fim de manter o controle do veículo robótico em resposta à detecção de uma perda de sinais de controle válidos do controlador principal para o ESC.

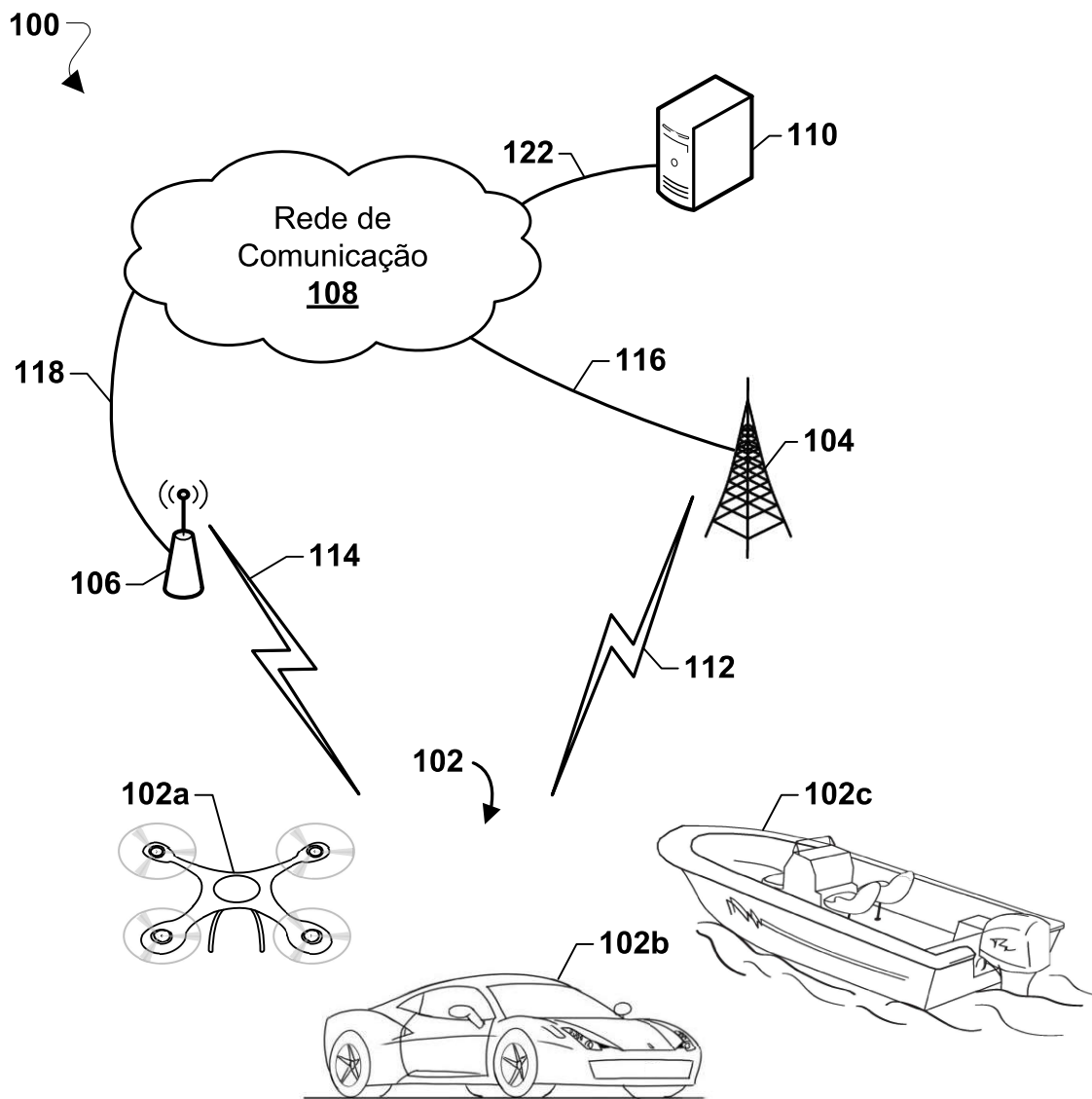


FIG. 1

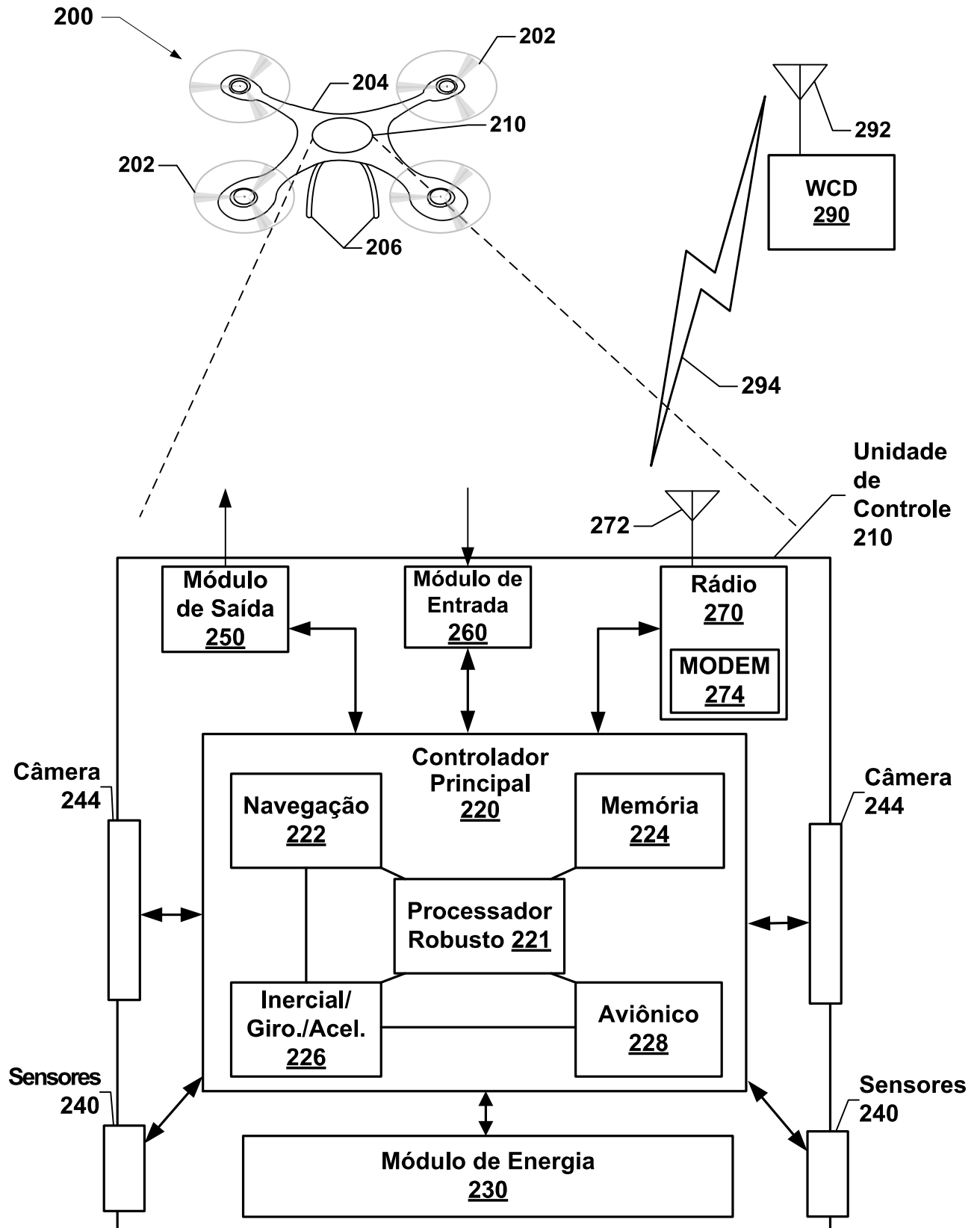


FIG. 2

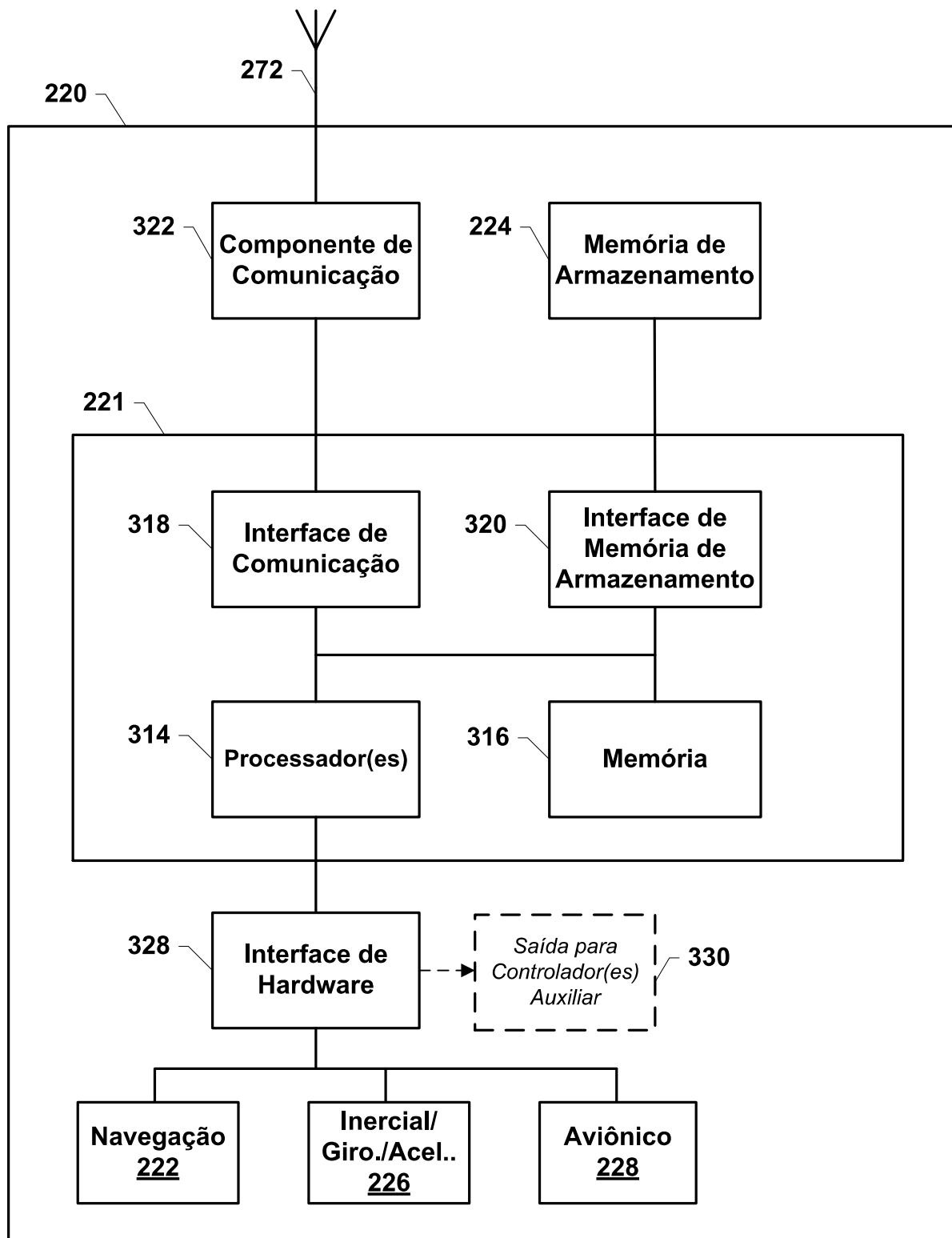


FIG. 3

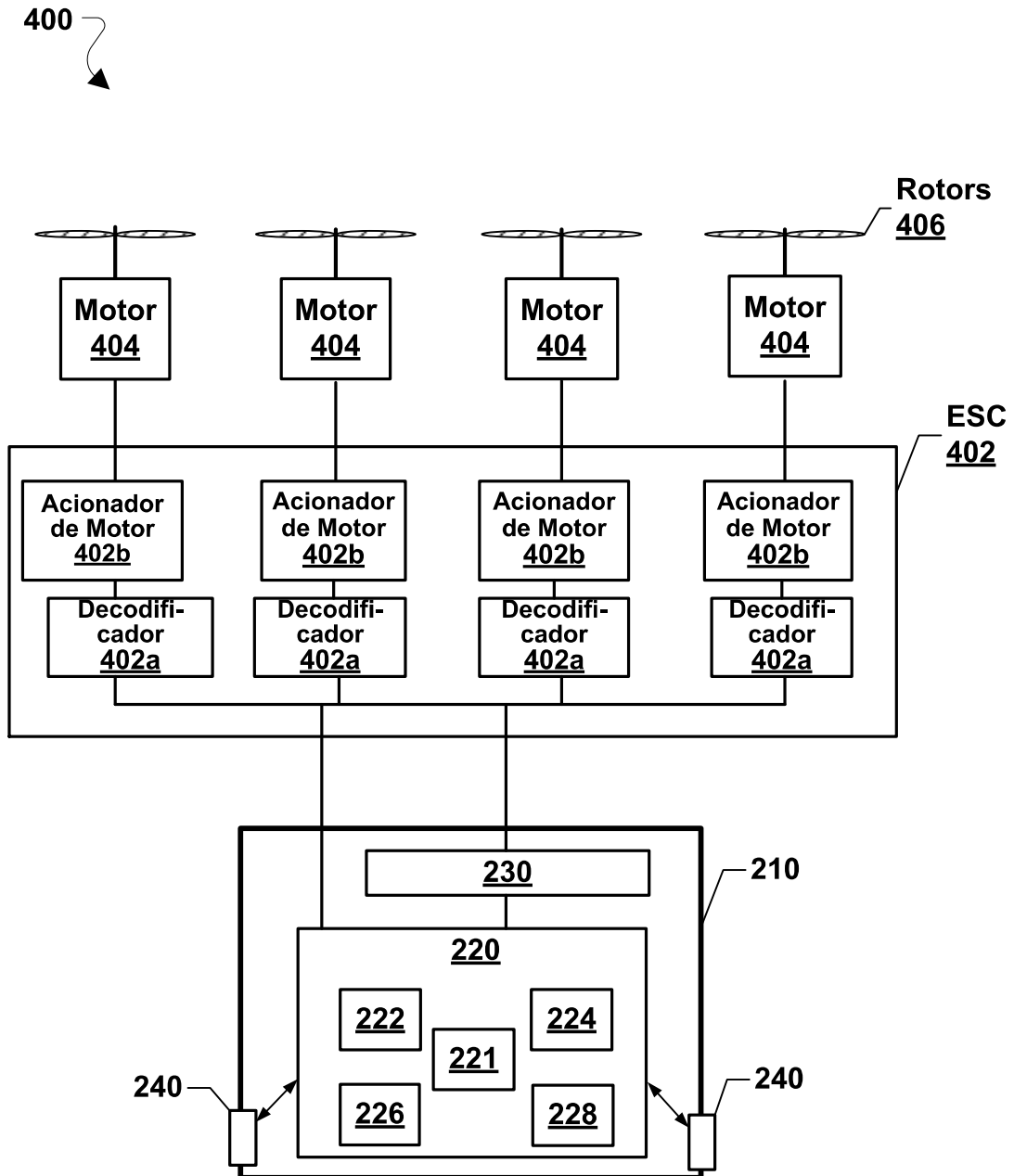


FIG. 4  
(Técnica Anterior)

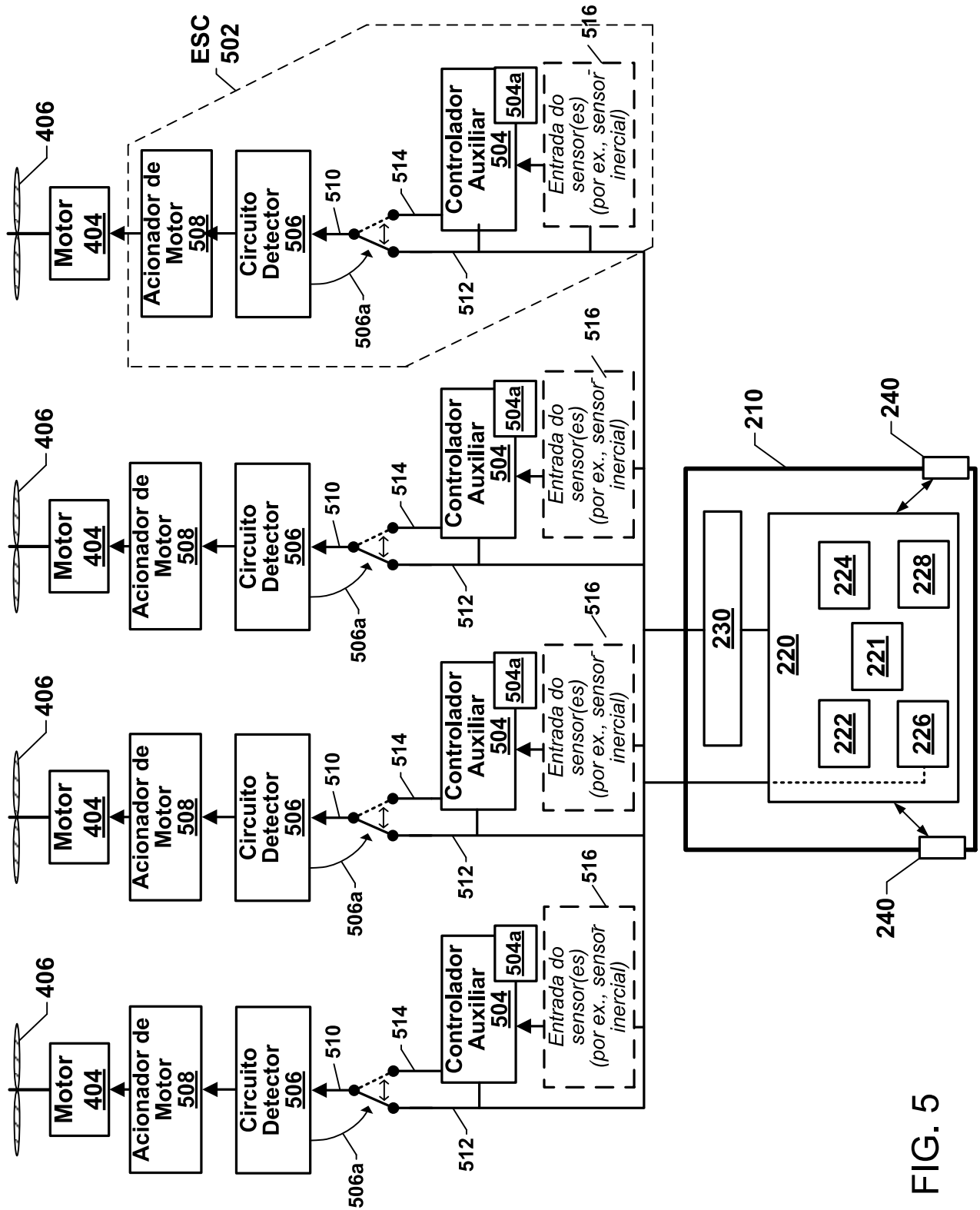


FIG. 5

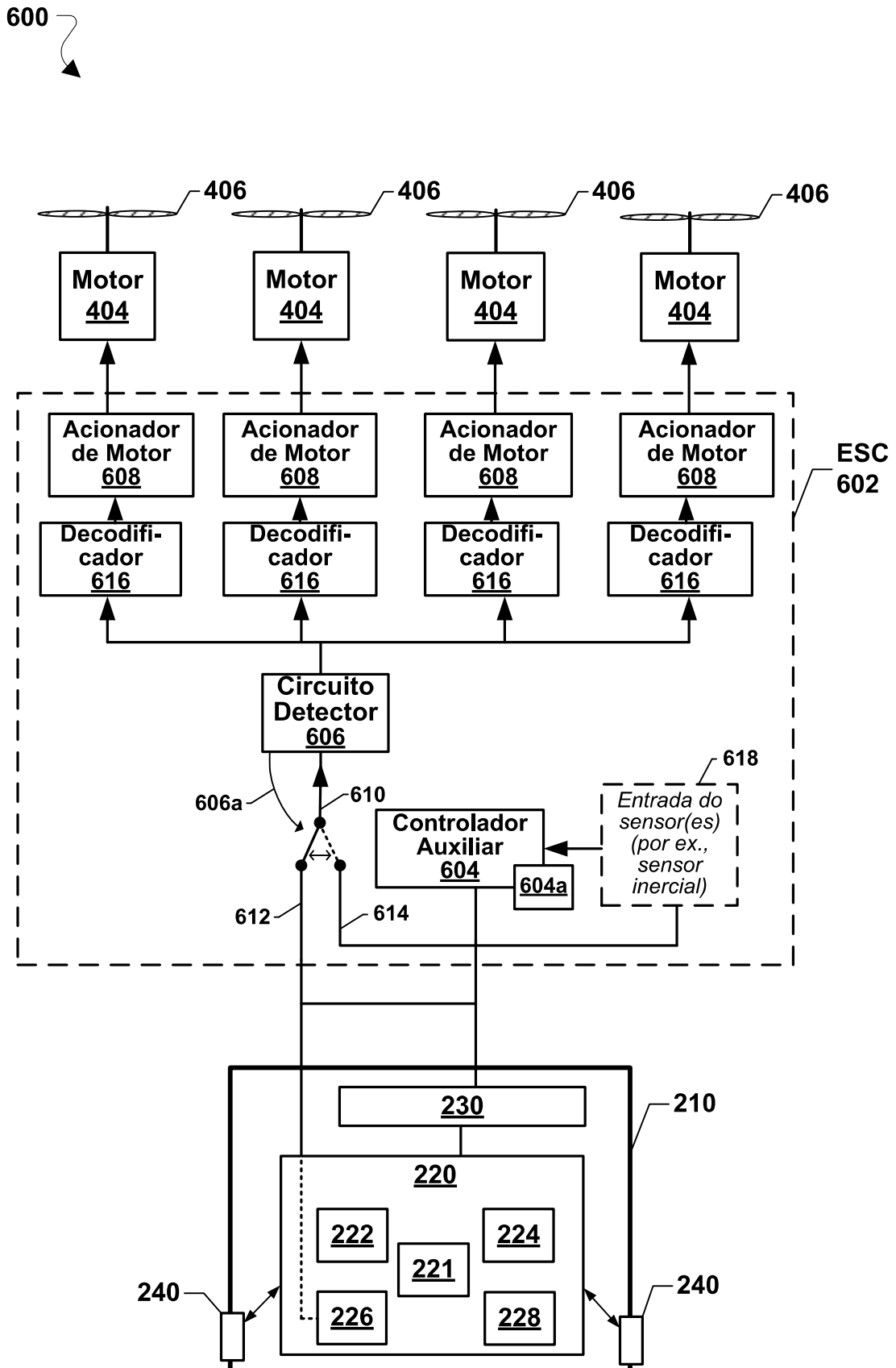


FIG. 6

700

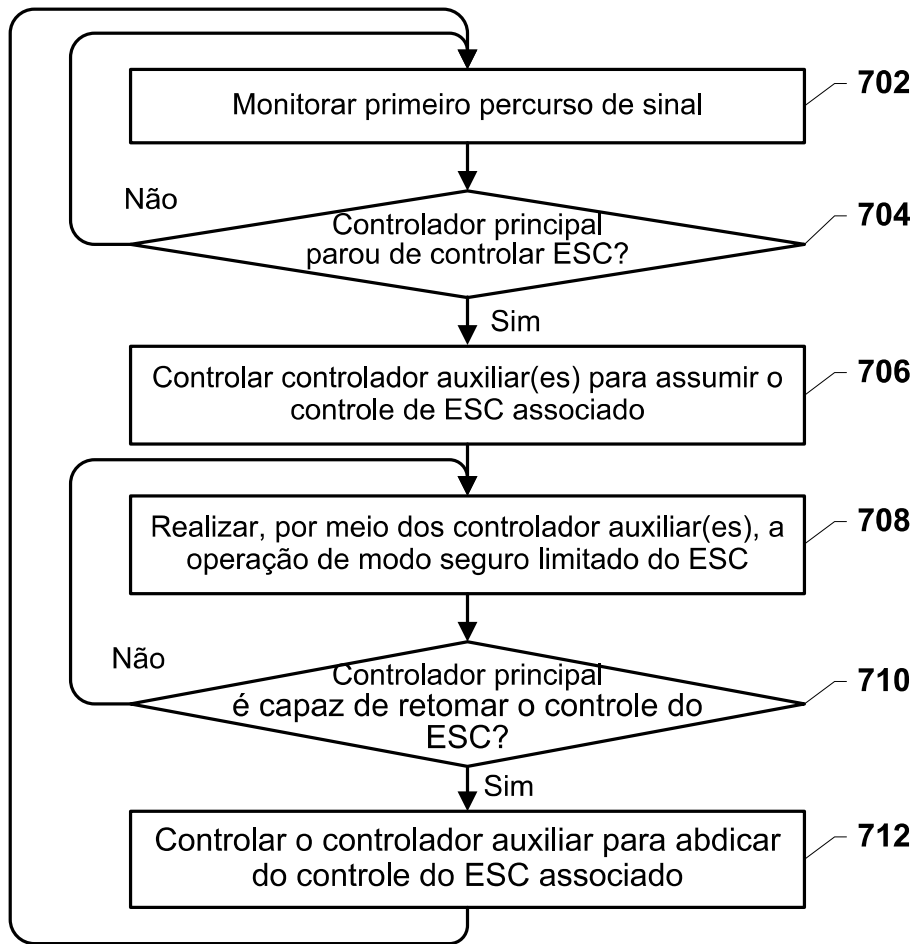


FIG. 7

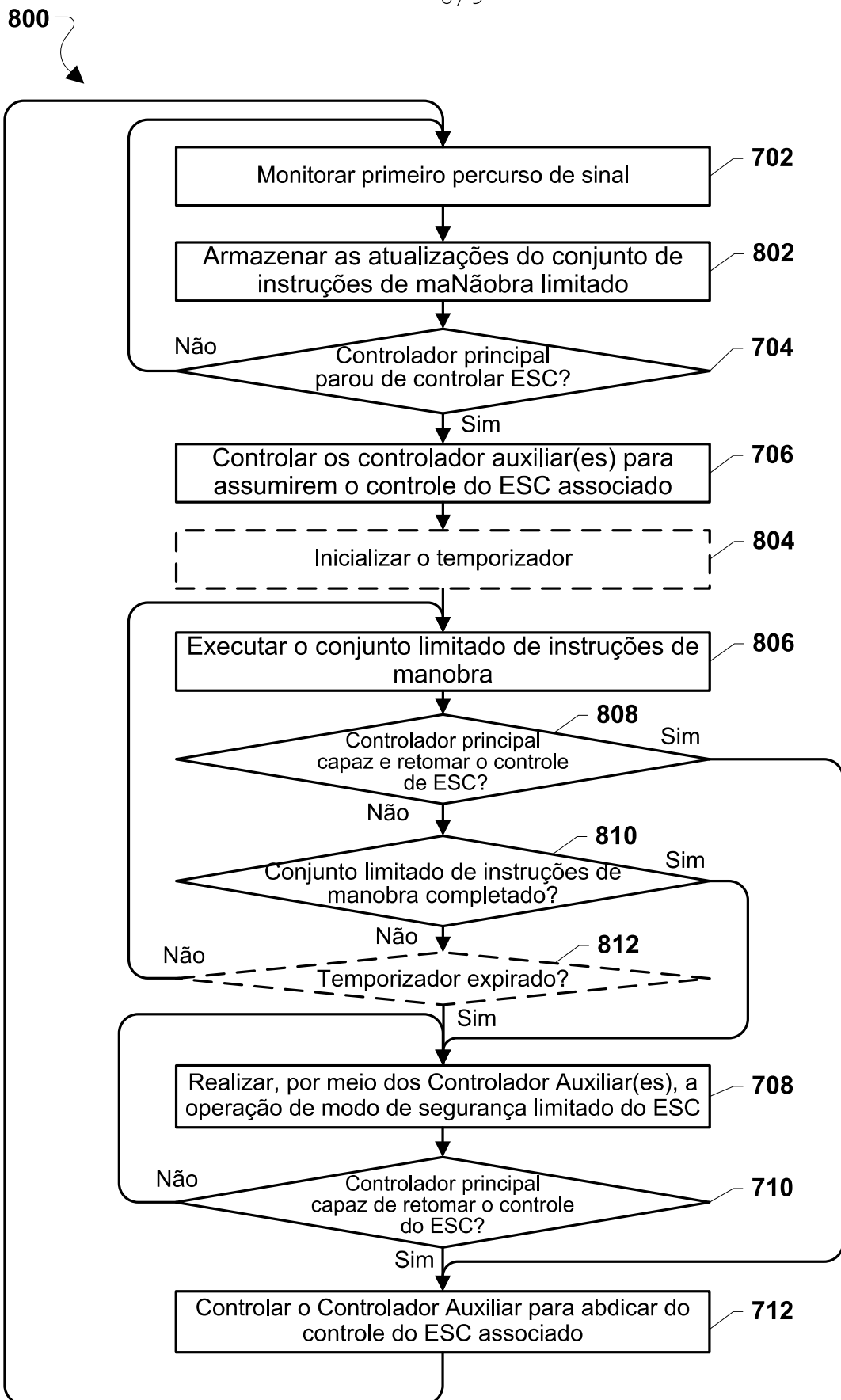
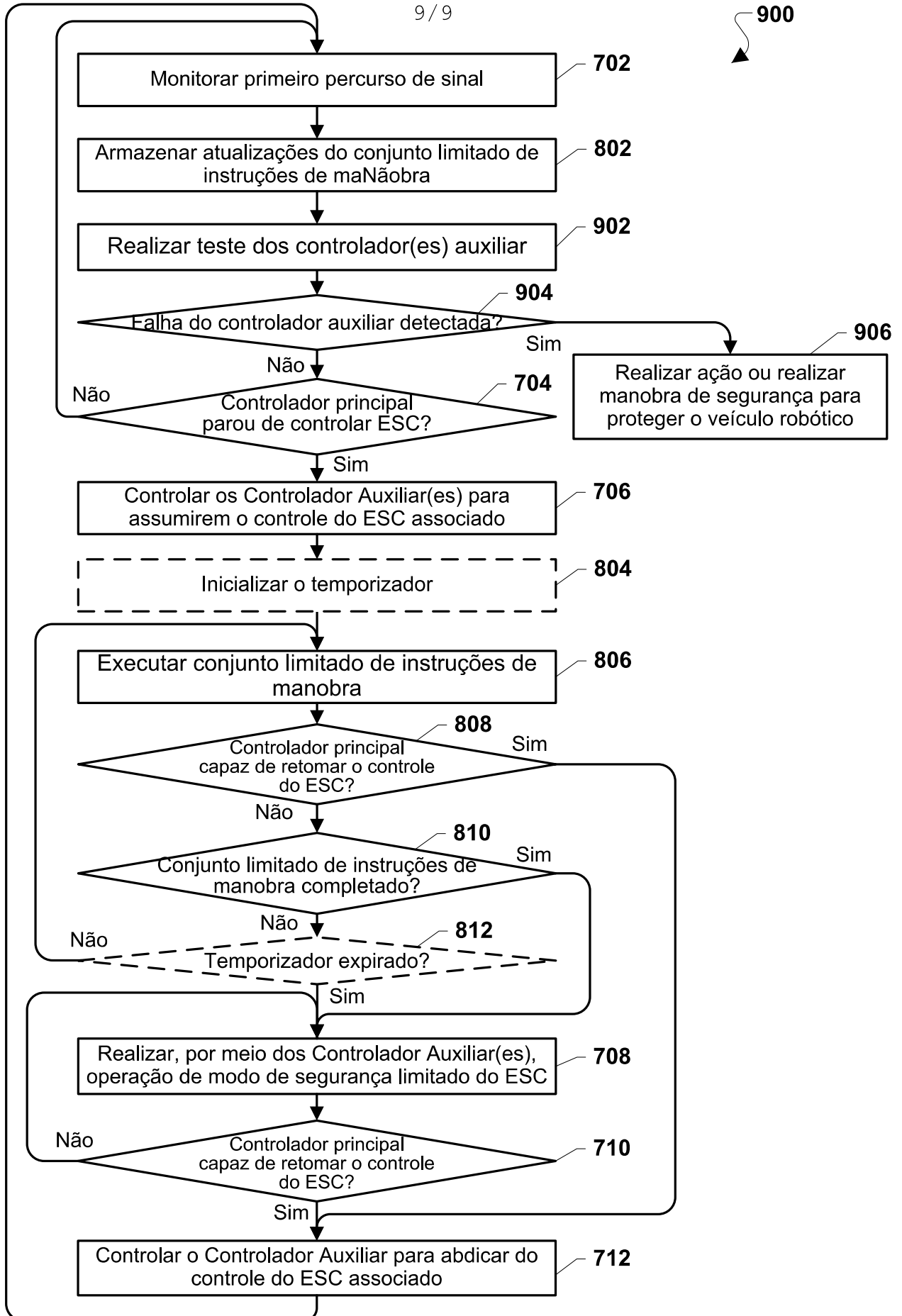


FIG. 8



RESUMO**"GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES DE MODO SEGURO LIMITADO DE UM VEÍCULO ROBÓTICO"**

As modalidades incluem dispositivos e métodos para se manter o controle de um veículo robótico quando os sinais de controle de um controlador principal são perdidos. Um circuito detector pode monitorar os sinais do controlador principal para um controlador eletrônico de velocidade (ESC) a fim de detectar uma perda de sinais de controle válidos. O circuito detector pode fazer com que um controlador auxiliar comece a emitir sinais de controle de motor para o ESC em resposta à detecção de uma perda de sinais de controle válidos. O controlador auxiliar pode emitir sinais de controle de motor para o ESC, de acordo com um conjunto de instruções de controle de motor pré-carregado. O conjunto de instruções de controle de motor pré-carregado pode ser recebido a partir do controlador principal e/ou pode ser configurado para fazer com que o controlador auxiliar emita sinais de controle de motor para o ESC, que controla os motores de uma forma que faz com que o veículo robótico entre em um modo de operação seguro ou execute uma manobra em particular.