



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

**(11) BR 112016004916-0 B1**



**(22) Data do Depósito: 02/09/2014**

**(45) Data de Concessão: 07/06/2022**

**(54) Título:** CONTROLADOR DE MOTOR

**(51) Int.Cl.:** F02D 41/40; F02D 35/02.

**(30) Prioridade Unionista:** 04/09/2013 JP 2013-183115.

**(73) Titular(es):** TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA.

**(72) Inventor(es):** DAISUKE UCHIDA; MOTONARI YARINO; SUSUMU HASHIMOTO.

**(86) Pedido PCT:** PCT IB2014001669 de 02/09/2014

**(87) Publicação PCT:** WO 2015/033200 de 12/03/2015

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 04/03/2016

**(57) Resumo:** CONTROLADOR DE MOTOR. Um controlador de motor, de acordo com um aspecto da presente invenção, é aplicado a um motor de injeção por cilindro que inclui uma válvula de injeção de combustível que injeta combustível diretamente em um cilindro. O controlador de motor determina se uma detonação está ocorrendo com base em um sinal de um sensor de detonação. Quando a detonação está ocorrendo, o controlador de motor realiza uma injeção de combustível de elevação parcial em um determinado momento próximo a um momento de ignição. A injeção de combustível de elevação parcial é realizada com uma quantidade de elevação de um corpo de válvula da válvula de injeção de combustível limitada dentro de uma faixa entre uma quantidade mínima de elevação (0) e uma quantidade de elevação parcial menor que uma quantidade máxima de elevação.

## "CONTROLADOR DE MOTOR"

### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

#### 1. Campo da Técnica

[001] A presente invenção refere-se a um controlador de motor aplicado a um motor de combustão interna que inclui uma válvula de injeção direta de combustível.

#### 2. Descrição da Técnica Relacionada

[002] Convencionalmente, os motores de combustão interna que incluem uma válvula de injeção de combustível que injeta combustível diretamente em um cilindro (daqui em diante também referido como "válvula de injeção direta") têm se tornado amplamente disponíveis. Tal máquina é também referida como um "motor de combustão interna de injeção de combustível por cilindro", "motor de injeção direta" ou "motor de injeção por cilindro". No motor de injeção direta, uma detonação pode ser causada por uma grande carga de motor. Quando a detonação ocorre, um controlador de motor convencional retarda um momento de ignição e um tempo de abertura de uma válvula de admissão de modo a controlar a ocorrência da detonação (ver, por exemplo, a Publicação de Pedido de Patente do Japão N. 2011-111921 (JP 2011-111921 A)).

### SUMARIO DA INVENÇÃO

[003] Infelizmente, a eficiência de combustível pode, em grande parte, se degradar quando o momento de ignição é retardado. Sendo assim, a presente invenção provê um controlador de motor, capaz de controlar a detonação no motor de injeção direta sem, em grande parte, degradar a eficiência do combustível. A fim de alcançar este objetivo, o controlador de motor executa ainda uma injeção de combustível com uma faixa ajustada de movimento de um corpo de válvula, que, de modo geral, é uma válvula de agulha (uma quantidade de elevação do corpo de válvula que, de modo geral, é uma quantidade de elevação de agulha) da válvula de injeção

de combustível.

[004] Um controlador de motor da presente invenção (daqui em diante também referido como "dispositivo da presente invenção") é aplicado a um motor de combustão interna (um motor de injeção direta, por exemplo) que inclui um cilindro que define uma "câmara de combustão na qual uma válvula de injeção de combustível é disposta de tal maneira que um orifício de injeção (orifício de injeção de combustível) da válvula de injeção de combustível fique exposto e seja aberto e fechado pela válvula de admissão e pela válvula de escape". A válvula de injeção de combustível inclui um corpo de válvula. O corpo da válvula, em uma posição de assentamento, fecha o orifício de injeção de combustível de modo a que a injeção de combustível seja interrompida. A quantidade de movimento (ou seja, a quantidade de elevação) do corpo de válvula da posição de assentamento é mutável dentro de uma faixa de até uma quantidade de elevação máxima (elevação total).

[005] O dispositivo da presente invenção inclui um controlador que altera a quantidade de elevação do corpo de válvula de modo a executar a injeção de combustível a partir da válvula de injeção de combustível antes do momento de ignição.

[006] O controlador determina se uma solicitação de controle da detonação (solicitação de anti-detonação) se encontra em efeito. Após a determinação de que a solicitação se encontra em efeito, o controlador executa a injeção de combustível em um momento predeterminado próximo ao momento de ignição após a injeção de combustível executada antes do momento de ignição. A injeção de combustível é executada com a quantidade de elevação alterada dentro de uma faixa de até "uma quantidade de elevação parcial menor que a quantidade de elevação máxima". Tal injeção de combustível (executada com a quantidade de elevação alterada dentro da faixa até a quantidade de elevação parcial) é referida como "injeção de combustível de elevação parcial" ou "injeção de elevação parcial". A injeção de combustível executada com a quantidade de elevação alterada dentro da faixa até a quantidade de

elevação máxima é também referida como "injeção de combustível de elevação total, injeção de elevação total, ou injeção de elevação máxima".

[007] A detonação é causada pela auto-ignição do gás não queimado (mistura de ar-combustível) comprimido pelo gás de combustão. Sendo assim, a detonação deverá provavelmente ocorrer em uma porção, na câmara de combustão, onde a velocidade de combustão do gás não queimado é baixa. A distância máxima de percurso de borrião de combustível injetado fica menor com a injeção de combustível de elevação parcial do que com a injeção de combustível de elevação total. Em outras palavras, a força de penetração do borrião de combustível formada pela injeção de combustível de elevação parcial é pequena. Deste modo, quando a injeção de combustível de elevação parcial é feita em um momento apropriado próximo ao momento de ignição (próximo a um ponto morto de compressão máxima, por exemplo), o borrião de combustível poderá ser feita em uma porção predeterminada (uma porção na qual a velocidade de combustão é baixa) na câmara de combustão. Na porção onde o borrião de combustível é formado, a velocidade de propagação da chama é elevada. Como resultado, o gás não queimado, que provoca a detonação, se queima rapidamente, e, por conseguinte, terá uma menor probabilidade de ser comprimido pelo gás de combustão. Além disso, o combustível, por ser queimado, injetado em um momento próximo ao momento de ignição, contribui para a geração de torque. Como resultado, a detonação pode ser eficazmente controlada sem, em grande parte, degradar a eficiência do combustível. A injeção de combustível de elevação parcial, que pode ser executada após o momento de ignição, pode ser eficaz no sentido de controlar a detonação também quando a mesma acontece antes do momento de ignição.

[008] Em um aspecto do dispositivo da presente invenção, o controlador é configurado de modo a executar consecutivamente uma injeção de combustível de elevação parcial em uma pluralidade de vezes após a determinação de que a solici-

tação (a solicitação de anti-detonção) se encontra em efeito.

[009] Ao se executar assim consecutivamente a injeção de combustível de elevação parcial em uma pluralidade de vezes, o borriço de combustível poderá ser continuamente formado em uma posição alvo. Deste modo, o aspecto acima descrito poderá controlar de maneira mais eficaz a detonação através da injeção de combustível de elevação parcial.

[010] Em um aspecto do dispositivo da presente invenção, o controlador inclui um detector de detonação que detecta uma detonação. O controlador é configurado de modo a determinar se a solicitação (solicitação de anti-detonção) se encontra em efeito quando o detector de detonação detecta uma detonação.

[011] O detector de detonação pode incluir pelo menos um dos sensores, incluindo um sensor de detonação (sensor detonação), um sensor de pressão de cilindro, e uma sonda de íons, por exemplo.

[012] De modo geral, uma temperatura dentro da câmara de combustão é maior em uma área adjacente à válvula de escape (daqui em diante também referida como "válvula de escape") na qual passa um gás de exaustão quente do que em uma área adjacente à válvula de admissão (daqui em diante também referida como "válvula de admissão") através da qual flui um ar frio. Quando um "fluxo de queda da válvula de admissão para a válvula de escape" é gerado pela entrada de ar, a chama atinge primeiramente a válvula de escape da câmara de combustão. Desta forma, o gás não queimado na válvula de admissão provavelmente será comprimido pelo gás de combustão (chama). Com todos esses aspectos considerados, em geral, uma detonação provavelmente ocorrerá na válvula de admissão da câmara de combustão. No entanto, dependendo de uma carga de motor e/ou da velocidade de rotação de motor, poderá ser gerado um "percurso de fluxo de queda da válvula de escape para a válvula de admissão ao longo de um plano de coroa de pistão". Quando tal fluxo de queda é gerado, a chama atinge primeiramente a válvula de admissão.

Deste modo, o gás não queimado na válvula de escape adjacente ao plano de coroa de pistão é comprimido. Como resultado, a detonação poderá ocorrer em tal porção (especificamente, na válvula de escape da câmara de combustão).

[013] A distância máxima de percurso de borrifo é menor com uma injeção de combustível de elevação parcial com uma quantidade de elevação parcial relativamente pequena (daqui em diante também referida como "primeira injeção de combustível de elevação parcial" ou "injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão") do que com uma injeção de combustível de elevação parcial com uma quantidade de elevação parcial relativamente grande (daqui em diante também referida como "segunda injeção de combustível de elevação parcial" ou "injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape").

[014] Deste modo, em uma configuração na qual a válvula de injeção de combustível injeta combustível em direção à válvula de escape a partir de uma válvula de admissão da câmara de combustão, o borrifo de combustível pode ser feito na válvula de admissão com a primeira injeção de combustível de elevação parcial, e pode ser feito na válvula de escape com a segunda injeção de combustível de elevação parcial. O borrifo de combustível formado na válvula de admissão aumenta a velocidade de combustão do gás não queimado na válvula de admissão, e, deste modo, poderá controlar de maneira eficaz a detonação que ocorre na válvula de admissão. O borrifo de combustível formado na válvula de escape aumenta a velocidade de combustão do gás não queimado na válvula de escape, e, deste modo, poderá controlar de maneira eficaz a detonação que ocorre na válvula de escape.

[015] Sendo assim, o controlador, em um aspecto do dispositivo da presente invenção, inclui o detector de detonação, e o controlador é configurado de modo a executar as seguintes operações após a detecção de que a solicitação (solicitação de anti-detonação) se encontra em efeito (ou seja, quando o detector de detonação detecta uma detonação). Primeiramente, (1) o controlador executa, como a injeção

de combustível de elevação parcial, a primeira injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para uma primeira quantidade de elevação, de modo a formar o borrimo de combustível na válvula de admissão da câmara de combustão. Em seguida, (2) quando a detonação é ainda detectada pelo detector de detonação mesmo quando a primeira injeção de combustível de elevação parcial está sendo executada, o controlador executa, como a injeção de combustível de elevação parcial, a segunda injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para "uma segunda quantidade de elevação maior do que a primeira quantidade de elevação" a fim de fazer o borrimo de combustível na válvula de escape da câmara de combustão. A segunda quantidade de elevação é menor do que a quantidade de elevação máxima.

[016] Tal como descrito acima, quando a detonação é detectada, a primeira injeção de combustível de elevação parcial é primeiramente executada no sentido de controlar a detonação na válvula de admissão, onde a detonação tem uma maior probabilidade de ocorrer. Nesse caso, quando a detonação é ainda detectada, mesmo quando a primeira injeção de combustível de elevação parcial está sendo executada, a detonação é susceptível de ocorrer na válvula de escape. Sendo assim, a segunda injeção de combustível de elevação parcial é executada no sentido de controlar a detonação que ocorre na válvula de escape. Com todos esses aspectos considerados, ao se usar seletivamente a primeira injeção de combustível de elevação parcial e a segunda injeção de combustível de elevação parcial, a detonação poderá ser efetivamente controlada, sem identificar se uma detonação está ocorrendo na válvula de admissão ou na válvula de escape da câmara de combustão.

[017] Quando a válvula de injeção de combustível é configurada de modo a injetar o combustível em direção à válvula de escape a partir da válvula de admissão da câmara de combustão, o controlador, em um aspecto do dispositivo da presente

invenção, inclui uma unidade de identificação de detonação que determina se a detonação está ocorrendo, e ainda identifica se a detonação está ocorrendo na válvula de admissão ou na válvula de escape da câmara de combustão. Nesta configuração, (1) o controlador determina se a solicitação (solicitação de anti-detonação) se encontra em efeito quando a unidade de identificação de detonação identifica que a detonação está ocorrendo na válvula de admissão da câmara de combustão. Em seguida, o controlador executa, como a injeção de combustível de elevação parcial, a primeira injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para a "primeira quantidade de elevação", de modo a formar o borrifo de combustível na válvula de admissão da câmara de combustão. Além disso, (2) o controlador determina se a solicitação (solicitação de anti-detonação) se encontra em efeito quando a unidade de identificação de detonação identifica que a detonação está ocorrendo na válvula de escape da câmara de combustão. Em seguida, o controlador executa, como a injeção de combustível de elevação parcial, a segunda injeção de combustível de elevação parcial, com a quantidade de elevação parcial ajustada para "a segunda quantidade de elevação maior do que a primeira quantidade de elevação" de modo a formar o borrifo de combustível na válvula de escape da câmara de combustão.

[018] De acordo com este aspecto, a detonação que ocorre na válvula de admissão pode ser imediatamente controlada por meio da primeira injeção de combustível de elevação parcial, e a detonação que ocorre na válvula de escape pode ser imediatamente controlada por meio da segunda injeção de combustível de elevação parcial. Será possível facilmente identificar se a detonação está ocorrendo na válvula de admissão ou na válvula de escape com base nos sinais de um sensor de pressão de cilindro ou de uma sonda de íons disposta sobre cada uma das válvulas de admissão e de escape.

[019] Um controlador, em um aspecto do dispositivo da presente invenção, é

configurado de modo a determinar se a solicitação (solicitação de anti-detonção) se encontra em efeito quando um estado de funcionamento do motor é "um estado de operação predeterminado no qual uma detonação precisa ser controlada". A determinação requer que nenhum processamento, tal como a definição de uma sinalização de determinação, por exemplo. Em termos específicos, neste aspecto, a injeção de combustível de elevação parcial é executada quando o estado de funcionamento do motor é "o estado de operação predeterminado no qual uma detonação precisa ser controlada". O estado de operação predeterminado inclui, por exemplo, um estado no qual uma carga de motor é igual a ou maior que "uma carga limite constante ou variável", e um estado no qual um estado de funcionamento, determinado pela carga de motor ou por uma velocidade de rotação de motor, está dentro de uma região de operação predeterminada.

[020] Nesta configuração, a detonação pode ser controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial.

[021] Quando a válvula de injeção de combustível é configurada de modo a injetar o combustível em direção à válvula de escape a partir da válvula de admissão da câmara de combustão, o controlador, em um aspecto do dispositivo da presente invenção, executa as seguintes operações. Em termos específicos, (1) o controlador determina se a solicitação (solicitação de anti-detonção) se encontra em efeito, quando o estado de funcionamento do motor se encontra em um primeiro estado de operação predeterminado no qual uma detonação precisa ser controlada. Em seguida, o controlador executa, como a injeção de combustível de elevação parcial, a primeira injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para a primeira quantidade de elevação, de modo a formar o borrimo de combustível na válvula de admissão da câmara de combustão. Além disso, (2) o controlador determina se a solicitação (solicitação de anti-detonção) se encontra em efeito, quando o estado de funcionamento do motor se encontra em um segundo

estado de operação predeterminado no qual uma detonação precisa ser controlada na válvula de escape da câmara de combustão. Além disso, o controlador executa, como a injeção de combustível de elevação parcial, a segunda injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para a segunda quantidade de elevação maior do que a primeira quantidade de elevação, a fim de formar o borriço de combustível na válvula de escape da câmara de combustão.

[022] De acordo com este aspecto, a ocorrência de detonação pode ser controlada na válvula de admissão pela primeira injeção de combustível de elevação parcial, e pode ser controlada na válvula de escape pela segunda injeção de combustível de elevação parcial, sem identificar a posição de ocorrência da detonação. Também neste caso, a determinação se a solicitação de anti-detonação se encontra em efeito não requer nenhum processamento, tal como a configuração da sinalização de determinação, por exemplo. Em termos específicos, neste aspecto, quando o estado de funcionamento do motor é "o estado de operação predeterminado no qual a detonação precisa ser controlada na válvula de admissão e na válvula de escape da câmara de combustão", a injeção de combustível de elevação parcial de um tipo correspondente é executada.

[023] A detonação tem uma maior probabilidade de ocorrer com uma razão maior de ar-combustível da mistura de ar-combustível (com uma mistura de ar-combustível mais pobre).

[024] Deste modo, um controlador, em um aspecto do dispositivo da presente invenção, é configurado de modo a aumentar o número de vezes que a injeção de combustível de elevação parcial é executada em um momento próximo ao momento de ignição quando a razão ar-combustível da mistura de ar-combustível suprida para o motor aumenta.

[025] Sendo assim, a detonação pode ser efetivamente controlada sem exe-

cutar a injeção de combustível de elevação parcial mais do que o necessário, mesmo quando a razão ar-combustível da mistura de ar-combustível varia.

[026] Em um aspecto do dispositivo da presente invenção, a válvula de injeção de combustível é configurada de tal maneira que um eixo central do borribo de combustível formada pelo combustível injetado a partir do orifício de injeção de combustível corresponda substancialmente a uma linha de centro entre as duas válvulas de admissão formadas sobre uma superfície de parede superior do cilindro, em uma vista em planta do cilindro.

[027] Além disso, a válvula de injeção de combustível, em um aspecto do dispositivo da presente invenção, pode ser configurada de tal modo que o orifício de injeção de combustível seja da forma de uma fenda, e uma área geométrica do orifício de injeção de combustível seja maior em uma porção mais próxima da saída de combustível e mais distante da entrada de combustível. A válvula de injeção de combustível pode ser disposta de tal forma que o orifício de injeção de combustível fique exposto em uma porção de circunferência externa de uma superfície de parede superior do cilindro, um lado longitudinal do orifício de injeção fique paralelo a um plano ortogonal a um eixo central do cilindro, e o combustível seja injetado em uma direção para fora da superfície de parede superior do cilindro. Em outras palavras, a válvula de injeção de combustível pode ser o que se conhece como uma "válvula de injeção de combustível do tipo bocal de fenda".

[028] Outros objetos, características e efeitos vantajosos resultantes serão facilmente compreendidos a partir de modalidades exemplares da presente invenção descritas a seguir com referência aos desenhos.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[029] As características, vantagens, e a importância técnica e industrial das modalidades exemplares da presente invenção serão descritas abaixo com referência aos desenhos em anexo, nos quais numerais similares indicam elementos simila-

res, e nos quais:

a Figura 1 é uma vista em seção transversal parcial esquemática de um motor de combustão interna ao qual se aplica um controlador de motor (primeiro dispositivo) de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção;

a Figura 2 é uma vista em planta de um cilindro (câmara de combustão) mostrado na Figura 1;

as Figuras 3A e 3B são vistas em seção transversal ampliadas de uma porção em torno de um orifício de injeção de combustível de uma válvula de injeção de combustível mostrada na Figura 1;

a Figura 4 é um gráfico de temporização que mostra uma relação entre um sinal de acionamento de válvula de injeção e uma quantidade de elevação de um corpo de válvula da válvula de injeção de combustível;

a Figura 5 é um gráfico que mostra as distâncias máximas de percurso de borriço de combustível nos casos em que uma injeção de combustível de elevação total e uma de injeção de combustível de elevação parcial são executadas;

a Figura 6 é vista esquemática de estados de propagação de chama na câmara de combustão em um ponto no qual um período de tempo predeterminado se passou após uma injeção de combustível;

a Figura 7 é um fluxograma mostrando uma rotina executada por uma unidade de processamento central (CPU) da unidade de controle eletrônico (controlador) mostrada na Figura 1;

a Figura 8 é um gráfico de temporização mostrando uma relação entre o tempo e a quantidade de elevação do corpo de válvula da válvula de injeção de combustível em um caso no qual um controle de anti-detonação é executado;

a Figura 9 é um fluxograma mostrando uma rotina executada pela unidade CPU da unidade de controle eletrônico mostrada na Figura 1;

a Figura 10 é um fluxograma mostrando uma rotina executada por uma uni-

dade CPU de um controlador de motor (segundo dispositivo) de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção;

a Figura 11 é um fluxograma mostrando uma rotina executada pela unidade CPU no segundo dispositivo;

a Figura 12 é um fluxograma mostrando uma rotina executada pela unidade CPU de um controlador de motor (terceiro dispositivo) de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção;

as Figuras 13A, 13B, e 13C são diagramas que mostram formas de onda de sinal de um sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão e de um sensor de pressão de cilindro de válvula de escape mostrados na Figura 1;

a Figura 14 é um fluxograma mostrando uma rotina executada por uma unidade CPU de um controlador de motor (quarto dispositivo) de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção;

a Figura 15 é um fluxograma mostrando uma rotina executada por uma unidade CPU de um controlador de motor (quinto dispositivo) de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção;

a Figura 16 é um diagrama que mostra um mapa de faixas de operação referido pela unidade CPU do quinto dispositivo;

a Figura 17 é um gráfico que mostra uma relação entre uma razão ar-combustível de uma mistura de ar-combustível e uma velocidade de propagação de chama; e

as Figuras 18A e 18B são gráficos de temporização que mostram uma relação entre uma quantidade de elevação de um corpo de válvula de uma válvula de injeção de combustível controlada por um controlador de motor de acordo com uma modificação da presente invenção e o tempo, sendo que a Figura 18A mostra um caso no qual a mistura de ar-combustível é rica, e a Figura 18B mostra um caso no qual a mistura de ar-combustível é pobre.

## DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES DA INVENÇÃO

[030] Um controlador de motor (daqui em diante também referido como "dispositivo da presente invenção") de acordo com modalidades da presente invenção será descrito abaixo com referência aos desenhos.

### Primeira Modalidade

#### Configuração

[031] A Figura 1 é uma vista em seção transversal esquemática parcial de um cilindro de um motor de combustão interna 10 ao qual um controlador de motor (daqui em diante também referido como "primeiro dispositivo") de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção é aplicado. O motor 10 é um motor a gasolina de múltiplos cilindros, de pistão alternativo, injeção direta, e ignição por centelha. Cada cilindro forma uma câmara de combustão CC. A Figura 2 é uma vista em planta esquemática parcial de qualquer cilindro do motor 10. Em termos mais específicos, a Figura 2 mostra a câmara de combustão CC tal como vista a partir de uma posição sobre um eixo central CL de um orifício de cilindro e acima da câmara de combustão CC.

[032] Tal como mostrado na Figura 1, a câmara de combustão CC é um espaço substancialmente cilíndrico definido por uma superfície de parede de orifício de cilindro (superfície de parede lateral do cilindro) 11, uma superfície de parede inferior de cabeça de cilindro (superfície de parede superior de câmara de combustão) 12, e um plano de coroa de pistão 13.

[033] Um orifício de admissão 14 e um orifício de escape 15, ambas os quais em comunicação com a câmara de combustão CC, são formados em uma porção de cabeça de cilindro. A porção de cabeça de cilindro é ainda provida com uma válvula de admissão 16 e uma válvula de escape 17. A válvula de admissão 16 abre e fecha "uma porção de conexão entre o orifício de admissão 14 e a câmara de combustão CC" com um came de um eixo de came de admissão não ilustrado. A válvula de es-

cape 17 abre e fecha "uma porção de conexão entre o orifício de escape 15 e a câmara de combustão CC", com um came de um eixo de came de escape não ilustrado. Sendo assim, a câmara de combustão CC é aberta e fechada pela válvula de admissão 16 e pela válvula de escape 17.

[034] Na verdade, tal como ilustrado na Figura 2, um par de orifícios de admissão 14 é provido para uma única câmara de combustão CC. Cada qual dentre o par de válvulas de admissão 16 abre e fecha "a porção de contato entre um orifício correspondente dentre os orifícios de admissão 14 e a câmara de combustão CC". O par de válvulas de admissão 16 tem o mesmo formato, e é disposto em posições simétricas com relação a um primeiro plano PL1 que passa pelo eixo central CL do orifício de cilindro. O par de válvulas de admissão 16 é disposto em uma dentre duas áreas (no lado esquerdo do plano mostrado na Figura 2) obtidas ao se dividir a câmara de combustão CC em duas por "um segundo plano PL2 que passa pelo eixo central CL do orifício de cilindro, e é ortogonal ao primeiro plano PL1". Esta área da câmara de combustão CC é referida como uma área adjacente à válvula de admissão 16, ou pode ser simplesmente referida como uma área de válvula de admissão.

[035] Do mesmo modo, um par de orifícios de escape 15 é provido para uma única câmara de combustão CC. Cada qual dentre o par de válvulas de escape 17 abre e fecha "a porção de contato correspondente entre uma dentre as portas de escape 15 e a câmara de combustão CC". O par de válvulas de escape 17 tem o mesmo formato e fica disposto em posições simétricas sobre o primeiro plano PL1. O par de válvulas de escape 17 é disposto em uma dentre as duas áreas (no lado direito do plano mostrado na Figura 2) obtidas ao se dividir a câmara de combustão CC em duas partes no segundo plano PL2. Esta área da câmara de combustão CC é referida como uma área adjacente da válvula de escape 17 ou pode simplesmente ser referida como uma área lateral à válvula de escape.

[036] O orifício de admissão 14 tem um formato concebido de modo a gerar

"um fluxo de queda que flui ao longo da superfície de parede inferior de cabeça de cilindro 12 (superfície de parede superior da câmara de combustão CC) a partir de uma porção adjacente à válvula de admissão 16 para uma porção adjacente à válvula de escape 17, em seguida ao longo da superfície de parede lateral 11 da câmara de combustão CC que faceia o orifício de admissão 14 (ou seja, o lado da válvula de escape) em direção ao plano de coroa de pistão 13, e em seguida ao longo do plano de coroa de pistão 13 em direção à válvula de admissão a partir da válvula de escape "na câmara de combustão CC, tal como indicado por uma seta de linha de seta tracejada TF na Figura 1.

[037] Uma unidade de geração de centelha de uma vela de ignição 18 é disposta sobre a superfície de parede inferior 12 da cabeça de cilindro e no centro da câmara de combustão CC.

[038] O motor 10 inclui uma válvula de injeção de combustível 20. A válvula de injeção de combustível 20 é fixada à porção de cabeça de cilindro, de tal modo que um orifício de injeção de combustível 21 fique exposto para a câmara de combustão CC, em uma porção da superfície de parede inferior de cabeça de cilindro 12 e adjacente a uma circunferência sobre a válvula de admissão da câmara de combustão CC. Em outras palavras, o orifício de injeção de combustível 21 fica exposto para a câmara de combustão CC, em uma posição em uma porção periférica externa do cilindro, intercalada pelo par de válvulas de admissão 16.

[039] A válvula de injeção de combustível 20 inclui uma válvula de agulha convencional (daqui em diante, podendo ser referida como "corpo de válvula"), tal como ilustrado nas Figuras 3A e 3B, que são vistas em seção transversal parcialmente ampliadas de uma porção em torno do orifício de injeção de combustível 21. O corpo de válvula 22 inclui uma porção de base 22a, uma porção de diâmetro reduzido 22b, e uma porção de extremidade distal 22c. A porção de base 22a tem um formato cilíndrico. A porção de diâmetro reduzido 22b continua a partir da porção de

base 22a. O diâmetro da porção de diâmetro reduzido 22b diminui à medida que a mesma fica mais próxima da extremidade distal do corpo de válvula 22. A porção de extremidade distal 22c continua a partir da porção de diâmetro reduzido 22b e tem um formato cônico.

[040] O corpo de válvula 22 pode fazer um movimento alternativo em uma direção de um eixo central CF do corpo de válvula 22, a partir de uma posição de assentamento (também referida como uma primeira posição, uma posição inicial, ou uma posição de elevação mínima) para uma posição de elevação máxima (segunda posição). A Figura 3A mostra um estado no qual o corpo de válvula 22 fica na posição de elevação máxima. A Figura 3B mostra um estado no qual o corpo de válvula 22 fica na posição de assentamento. Uma quantidade de elevação do corpo de válvula 22 na posição de assentamento é uma quantidade de elevação mínima (ou seja, "0"). A quantidade de elevação do corpo de válvula 22 na posição levantada ao máximo é uma quantidade de elevação máxima (ou seja, uma "quantidade de elevação total"). Em termos específicos, a quantidade de elevação do corpo de válvula 22 é a distância entre qualquer posição para a qual o corpo de válvula 22 está se movimentando e a posição de assentamento.

[041] O orifício de injeção de combustível 21 é formado em uma porção de injeção 23 como uma porção de extremidade distal da válvula de injeção de combustível 20. Tal como mostrado na Figura 3B, a porção de diâmetro reduzido 22b do corpo de válvula 22 fica em contato com a superfície de parede interna da porção de injeção 23 quando o corpo de válvula 22 se encontra na posição de assentamento. Deste modo, o orifício de injeção de combustível 21 é fechado, em função do que nenhum combustível é injetado. Quando o corpo de válvula 22 se encontra em "uma posição diferente da posição de assentamento", tal como mostrado na Figura 3A, a porção de injeção 23 da porção de diâmetro reduzido 22b do corpo de válvula 22 é separada da superfície de parede interna da porção de injeção 23. Deste modo, o

orifício de injeção 21 é aberto, em função do que o combustível da porção de injeção 23 é injetado através do orifício de injeção de combustível 21.

[042] O orifício de injeção de combustível 21 é "um orifício de injeção no formato de uma fenda". Em termos específicos, uma forma em seção transversal do orifício de injeção de combustível 21 tomada ao longo de um plano ortogonal ao eixo central CF do corpo de válvula 22 tem um formato retangular. Sendo assim, a válvula de injeção de combustível 20 é uma válvula de injeção de combustível do tipo bocal de fenda. Uma área da seção transversal do orifício de injeção de combustível 21 tomada ao longo de um plano ortogonal ao eixo central CF é também referida como uma área geométrica. A área geométrica do orifício de injeção de combustível 21 aumenta à medida que se aproxima da extremidade distal do orifício de injeção de combustível 21 ao longo do eixo central CF do corpo de válvula 22 (ou seja, à medida que o mesmo se aproxima de um lado de saída de combustível a partir de um lado de entrada de combustível (o lado do corpo de válvula 22) do orifício de injeção de combustível 21). Em termos específicos, um lado longitudinal D2 é maior do que um lado longitudinal D1 na Figura 3A. O orifício de injeção de combustível 21 tem uma altura uniforme H. Sendo assim, o orifício de injeção de combustível 21 pode ser considerado como tendo uma forma de leque com a espessura H e um ângulo de centro predeterminado (ângulo de injeção)  $\theta$ .

[043] A válvula de injeção de combustível 20 inclui um mecanismo eletromagnético convencional e um mecanismo de mola convencional (ambos os quais não sendo ilustrados). Quando o mecanismo eletromagnético não é alimentado (quando o mecanismo eletromagnético se encontra em um estado não alimentado), o mecanismo de mola movimenta o corpo de válvula 22 para a posição de assentamento, em função do que nenhum combustível é injetado. Quando o mecanismo eletromagnético é alimentado (quando o mecanismo eletromagnético se encontra no estado alimentado), o corpo de válvula 22 se movimenta para a posição de elevação

máxima a partir da posição de sentado, contra a força aplicada pelo mecanismo de mola. Nesse caso, o combustível é injetado através do orifício de injeção de combustível 21 quando o corpo de válvula 22 se encontra em uma posição diferente da posição de assentamento.

[044] Uma unidade de controle eletrônico (controlador) 30 mostrado na Figura 1 inclui um "microcomputador convencional incluindo uma unidade CPU, uma memória só de leitura (ROM), e uma memória de acesso aleatório (RAM)". A unidade de controle eletrônico 30 recebe sinais de detecção a partir de uma pluralidade de sensores descritos abaixo.

[045] Em termos específicos, os sensores incluem um medidor de fluxo de ar 41 que detecta uma quantidade de ar de admissão (taxa de fluxo de massa de ar) Ga do motor 10, um sensor de posição de manivela 42 que gera um pulso toda vez que um eixo de manivela não ilustrado gira em um ângulo predeterminado, um sensor de posição de came 43 que gera um pulso toda vez que um eixo de came não ilustrado gira em um ângulo predeterminado, e um sensor de depressão de operação de pedal acelerador 44 que detecta uma quantidade de depressão Accp de um pedal acelerador não ilustrado.

[046] Os sensores incluem ainda um sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 formado na válvula de admissão da câmara de combustão CC e detecta a pressão na câmara de combustão CC (ou seja, a pressão de cilindro de válvula de admissão CPI), um sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46 formado na válvula de escape da câmara de combustão CC e detecta a pressão na câmara de combustão CC (ou seja, a pressão de cilindro de válvula de escape CPE), e um sensor de detonação 47 que é fixado sobre a superfície de parede de orifício de cilindro do motor 10 e detecta a vibração gerada no motor 10.

[047] A unidade de controle eletrônico 30 adquire um ângulo de manivela absoluto CA de cada cilindro, com base nos sinais provenientes do sensor de posição

de manivela 42 e do sensor de posição de came 43. A unidade de controle eletrônico 30 adquire uma velocidade de rotação de motor NE com base em um sinal proveniente do sensor de posição de manivela 42. A unidade de controle eletrônico 30 determina se a detonação está ocorrendo com base em um sinal do sensor de detonação 47, através de um método convencional. A unidade de controle eletrônico 30 transmite um sinal de ignição para um dispositivo de ignição não ilustrado no sentido de gerar uma centelha a partir da geração de centelha da vela de ignição 18. O primeiro dispositivo pode não incluir o sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 e o sensor de pressão de válvula de escape 46.

[048] A unidade de controle eletrônico 30 transmite um sinal de acionamento de válvula de injeção para o mecanismo eletromagnético da válvula de injeção de combustível 20. O mecanismo eletromagnético fica no estado não alimentado quando o sinal de acionamento de válvula de injeção é "0", e fica no estado alimentado quando o sinal de acionamento de válvula de injeção é de uma tensão predeterminada  $V_{inj}$ .

[049] A injeção de combustível executada com a quantidade de elevação máxima estando no valor máximo da quantidade de elevação do corpo de válvula 22 da válvula de injeção de combustível 20 é também referida como "injeção de elevação máxima, de injeção de combustível de elevação total, ou de injeção de elevação total" para fins de conveniência. Em termos específicos, a injeção de combustível de elevação total é executada com a quantidade de elevação da válvula de agulha (corpo de válvula 22) comutada dentro de uma faixa entre a quantidade mínima de elevação ("0") para a quantidade de elevação máxima.

[050] A injeção de combustível de elevação total é executada da seguinte maneira. Em termos específicos, tal como mostrado na Figura 4, quando o sinal de acionamento de válvula de injeção é comutado de "0" para a tensão predeterminada  $V_{inj}$  (ou seja, quando o mecanismo eletromagnético começa a ser alimentado) em

um ponto de tempo  $t_0$ , e um tempo de injeção inválido  $\tau_d$  se esgota, o corpo de válvula 22 começa a se movimentar em um ponto de tempo  $t_1$ . Em seguida, a quantidade de elevação do corpo de válvula 22 atinge a quantidade de elevação máxima em um ponto de tempo  $t_4$ , e o movimento do corpo de válvula 22 é limitado por uma tampa não ilustrada da válvula de injeção de combustível 20. Deste modo, a quantidade de elevação do corpo de válvula 22 se mantém na quantidade de elevação máxima no e após o ponto de tempo  $t_4$ . Quando o sinal de acionamento de válvula de injeção é comutado a partir da tensão predeterminada  $V_{inj}$  para "0" (ou seja, quando a alimentação do mecanismo eletromagnético é interrompida) em um ponto de tempo  $t_5$ , a quantidade de elevação diminui a partir da quantidade de elevação máxima para uma queda para "0" em um ponto de tempo  $t_6$ . O combustível é injetado dentro de um período entre os pontos de tempo  $t_1$  a  $t_6$ .

[051] A injeção de combustível executada com a "quantidade de elevação (quantidade de elevação parcial) menor que a quantidade de elevação máxima" sendo o valor máximo da quantidade de elevação do corpo de válvula 22 é também referida como "injeção de elevação parcial", "injeção de combustível de elevação parcial", ou "injeção de elevação parcial" para fins de conveniência. Em termos específicos, a injeção de combustível de elevação parcial é executada com a quantidade de elevação da válvula de agulha (corpo de válvula 22) comutada dentro de uma faixa a partir da quantidade mínima de elevação para a quantidade de elevação parcial.

[052] A injeção de combustível de elevação parcial, com o valor máximo da quantidade de elevação do corpo de válvula 22 ajustado para uma primeira quantidade de elevação na Figura 4, é executada da seguinte maneira. Em termos específicos, quando o sinal de acionamento de válvula de injeção é comutado de "0" para a tensão predeterminada  $V_{inj}$  no ponto de tempo  $t_0$ , e depois de o tempo de injeção inválido  $\tau_d$  se esgotar, o corpo de válvula 22 começa a se movimentar no ponto de

tempo  $t_1$ . Em seguida, a quantidade de elevação do corpo de válvula 22 atinge uma "primeira quantidade de elevação menor que a quantidade de elevação máxima" em um ponto de tempo  $t_2$  antes do ponto de tempo  $t_4$ . No ponto de tempo  $t_2$ , o sinal de acionamento de válvula de injeção é comutado da tensão predeterminada  $V_{inj}$  para "0". Como resultado, a quantidade de elevação diminui da primeira quantidade de elevação para uma queda para "0" logo após o ponto de tempo  $t_2$ . O combustível é injetado dentro de um período a partir do ponto de tempo  $t_1$  para o ponto de tempo logo após o ponto de tempo  $t_2$ .

[053] Do mesmo modo, a injeção de combustível de elevação parcial, com o valor máximo da quantidade de elevação do corpo de válvula 22 ajustado para uma segunda quantidade de elevação na Figura 4, é executada da seguinte maneira. A segunda quantidade de elevação é menor do que a quantidade de elevação máxima e maior do que a primeira quantidade de elevação. A fim de executar esta injeção de combustível de elevação parcial, o sinal de acionamento de válvula de injeção é comutado de "0" para a tensão predeterminada  $V_{inj}$  no ponto de tempo  $T_0$ . Em seguida, depois do tempo de injeção inválido  $\tau_d$ , o corpo de válvula 22 começa a se movimentar no ponto de tempo  $t_1$ . Em seguida, a quantidade de elevação do corpo de válvula 22 atinge a "segunda quantidade de elevação" em um ponto de tempo  $t_3$  antes do ponto de tempo  $t_4$  e após o ponto de tempo  $t_2$ . No ponto de tempo  $t_3$ , o sinal de acionamento de válvula de injeção é comutado da tensão predeterminado  $V_{inj}$  para "0". Como resultado, a quantidade de elevação diminui da segunda quantidade de elevação de modo a atingir "0" logo após o ponto de tempo  $t_3$ . O combustível é injetado dentro de um período do ponto de tempo  $t_1$  para o ponto de tempo logo após  $t_3$ .

[054] Tal como mostrado na Figura 2, a válvula de injeção de combustível 20 é disposta e configurada de tal maneira que, em uma vista em planta do cilindro (câmara de combustão CC), "um eixo central FP de borrifo de combustível formado

pelo combustível injetado através do orifício de injeção de combustível 21 corresponda substancialmente à linha de centro (incluída no primeiro plano PL1) entre as duas válvulas de admissão 16 formadas sobre a superfície de parede superior do cilindro. A válvula de injeção de combustível 20 é disposta de tal maneira que o lado longitudinal do orifício de injeção de combustível 21 fique paralelo a um plano ortogonal ao eixo central CL do cilindro e ao segundo plano PL2 ortogonal ao primeiro plano PL1. Tal como mostrado na Figura 1, a válvula de injeção de combustível 20 fica disposta de modo a injetar combustível em uma direção espaçada da superfície de parede inferior de cabeça de cilindro (superfície de parede superior de câmara de combustão) 12 em um ângulo predeterminado (um ângulo agudo) V. Em termos específicos, a válvula de injeção de combustível 20 é disposta de tal maneira que o eixo central FP do borriço de combustível fique inclinado no ângulo V com relação ao plano ortogonal ao eixo central CL do cilindro.

[055] Quando a válvula de injeção de combustível 20 com a configuração acima descrita é usada, à medida que a quantidade de elevação do corpo de válvula 22 diminui, uma trajetória de escoamento entre a porção de diâmetro reduzido 22b do corpo de válvula 22 e a superfície da parede interna da porção de injeção 23 se torna mais estreita (ver uma referência AR oval em linha tracejada na Figura 3A). Deste modo, a resistência à trajetória de escoamento do combustível que flui para o orifício de injeção de combustível 21 a partir da lateral da porção de base 22a do corpo de válvula 22 aumenta. Com todos esses aspectos considerados, uma quantidade de elevação menor do corpo de válvula 22 resulta em uma velocidade inicial mais lenta do combustível injetado. Sendo assim, quando o corpo de válvula 22, no processo de se movimentar para a posição de elevação máxima a partir da posição de assentamento, volta para a posição de assentamento (sem se manter na mesma posição) no sentido de executar a injeção de combustível parcial, a distância de percurso de borriço de combustível injetado (a força de penetração do borriço) e o modo

de combustão (a maneira como a chama se propaga) diferem substancialmente da distância e do modo da injeção de elevação total. Isto será descrito a seguir.

[056] A Figura 5 é um gráfico que mostra "uma relação entre a quantidade de injeção de combustível e a distância máxima de percurso de borrifo" em um caso no qual o combustível é injetado a partir da válvula de injeção de combustível 20, em uma pressão de injeção de combustível constante (20 MPa). Uma pressão ambiental da injeção é a pressão atmosférica. No gráfico, uma porção indicada pela referência PLinj representa os dados da injeção de combustível de elevação parcial, e uma porção indicada pela referência FLinj representa os dados da injeção de combustível de elevação total. A distância máxima de percurso de borrifo é uma distância entre o orifício de injeção de combustível 21 e uma extremidade distal do borrifo formado pelo combustível injetado, que é uma porção na qual a velocidade na direção de injeção é "0". Pode ser observado no gráfico que o percurso máximo de borrifo é mais curto na injeção de combustível de elevação parcial do que na injeção de combustível de elevação total. Pode-se ainda observar que, na injeção de combustível de elevação parcial, a distância máxima de percurso de borrifo poderá ser menor ao se reduzir a quantidade de injeção de combustível (ou seja, ao se reduzir o valor máximo da quantidade de elevação (quantidade de elevação parcial) da injeção de combustível de elevação parcial).

[057] Desta maneira, com a injeção de combustível de elevação parcial, o borrifo de combustível pode ser formado em uma posição desejada na câmara de combustão CC ao se ajustar a quantidade de elevação parcial (ou seja, ao se ajustar a quantidade de injeção de combustível). Em termos específicos, o borrifo de combustível pode ser formado adjacente ao orifício de injeção de combustível 21 (ou seja, na válvula de admissão da câmara de combustão CC, na área adjacente à válvula de admissão) ao se executar a injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de injeção de combustível ajustada para ser relativamente baixa (ou se-

ja, com a quantidade de elevação máxima ajustada para uma primeira quantidade de elevação relativamente pequena). Além disso, o borriço de combustível pode ser formado na válvula de escape da câmara de combustão CC (adjacente à válvula de escape e ligeiramente afastado da superfície de parede de orifício de cilindro na direção de injeção de combustível) ao se executar a injeção de combustível de elevação parcial com uma quantidade relativamente grande de injeção de combustível (ou seja, com o valor de elevação máxima ajustado para a segunda quantidade de elevação que é relativamente grande).

[058] A Figura 6 é um diagrama que mostra esquematicamente os estados de propagação da chama na câmara de combustão CC, em um ponto depois de um período de tempo predeterminado ter se esgotado. Tal como mostrado na Figura 6, a chama (indicada pela referência PLinj), como resultado da injeção de combustível de elevação parcial com uma quantidade de injeção de combustível relativamente pequena, se propaga em uma porção mais para o lado da válvula de admissão do que uma porção na qual a chama (indicada pela referência FLinj), como resultado da injeção de combustível de elevação total, se propaga. A chama (indicada pela referência FLinj) obtida pela injeção de elevação total fica em uma porção da válvula de escape, mas não na válvula de admissão. Deste modo, quando a injeção de combustível de elevação total é executada enquanto uma grande carga é imposta ao motor 10, a chama (gás de combustão) que se propaga na válvula de escape comprime o gás não queimado (gás final) na válvula de admissão. Como resultado, ocorre uma detonação em uma área da válvula de admissão.

[059] Em uma porção na qual o borriço de combustível é formado, uma concentração de combustível é alta e, deste modo, uma velocidade de combustão é alta (a velocidade de propagação de chama é alta). Sendo assim, em tal porção, o gás não queimado pode ser normalmente queimado pelo borriço de combustível antes de ser comprimido pelo gás de combustão (chama), ou seja, antes de uma detonação

ocorrer. Com todos esses aspectos considerados, a detonação pode ser impedida de ocorrer em uma porção adjacente a uma área na qual o borriço de combustível é formado.

[060] Deste modo, a detonação que ocorre na área da válvula de admissão pode ser controlada, por meio da formação do borriço de combustível na válvula de admissão, através da injeção de combustível de elevação parcial com uma quantidade relativamente pequena de injeção de combustível. Esta "injeção de combustível de elevação parcial com uma quantidade relativamente pequena de injeção de combustível" a fim de controlar a detonação que ocorre em uma área na válvula de admissão pode ser também simplesmente referida como "injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão (primeira injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para a primeira quantidade de elevação)" na descrição a seguir.

[061] Do mesmo modo, a detonação que ocorre na válvula de escape pode ser controlada, por meio da formação do borriço de combustível na válvula de escape, através da injeção de combustível de elevação parcial com uma quantidade relativamente grande de injeção de combustível. Esta "injeção de combustível de elevação parcial com uma quantidade relativamente grande de injeção de combustível" para controlar a detonação em uma área da válvula de escape pode ser também ser simplesmente referida como "injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape (segunda injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para a segunda quantidade de elevação maior do que a primeira quantidade de elevação)" na descrição a seguir.

[062] A injeção de combustível de elevação parcial (a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão e a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape) no sentido de controlar a detonação é executada pelo menos uma vez em um momento predeterminado próximo a um momento de igni-

ção. De modo geral, o momento de ignição fica próximo a um ponto morto de compressão máxima, e, por conseguinte, a injeção de combustível de elevação parcial para controlar uma detonação é executada pelo menos uma vez em um momento predeterminado próximo do ponto morto de compressão máxima. A injeção de combustível de elevação parcial para controlar uma detonação pode ser formada antes ou depois do momento de ignição.

### Operação

[063] A seguir, serão descritas operações do primeiro dispositivo. A unidade de controle eletrônico 30 do primeiro dispositivo determina a quantidade de injeção de combustível Finj, com base na velocidade de rotação do motor NE, na quantidade de ar de admissão Ga, e na razão ar-combustível alvo (a razão ar-combustível estequiométrica neste exemplo). Com a quantidade de injeção de combustível Finj assim determinada, a razão ar-combustível (razão ar-combustível do motor) da mistura de ar-combustível suprida para o motor 10 é ajustada para a razão ar-combustível alvo. A quantidade de injeção de combustível Finj é a quantidade de combustível injetado por uma única válvula de injeção de combustível 20, em um único ciclo de combustão (único processo de admissão / combustão). Quando a detonação não está ocorrendo, a unidade de controle eletrônico 30 injeta o combustível, na quantidade de injeção de combustível Finj, através de uma "única injeção de elevação total". De modo geral, a única injeção de elevação total é executada em um ponto inicial de um processo de admissão de ar ou de um processo de compressão (por conseguinte, antes do momento de ignição).

[064] Quando uma detonação ocorre, a unidade de controle eletrônico 30 executa a única injeção de elevação total, como também executa a injeção de combustível de elevação parcial pelo menos uma vez em um momento predeterminado próximo ao momento de ignição. Sendo assim, a detonação é controlada. Quando a unidade de controle eletrônico 30 executa a injeção de combustível de elevação par-

cial para injetar o combustível na quantidade de injeção de combustível  $P_{inj}$  no total, a quantidade de combustível injetado por meio de uma única injeção de elevação total, executada antes da injeção de elevação parcial, é obtida ao se subtrair a quantidade de injeção de combustível  $P_{inj}$  da quantidade de injeção de combustível  $F_{inj}$ .

[065] Em uma operação real, a unidade CPU da unidade de controle eletrônico 30 executa o processamento de uma rotina de anti-detonção, mostrada no fluxograma da Figura 7, em qualquer cilindro, toda vez que um ângulo de manivela do cilindro corresponde a um ponto morto de admissão superior.

[066] Em termos específicos, quando o ângulo de manivela de um determinado cilindro (daqui em diante referido como "cilindro predeterminado", para fins de conveniência) coincide com o ponto morto de admissão superior do cilindro predeterminado, a unidade CPU inicia o processamento na etapa 700 da Figura 7. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 710, e determina se "a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada no cilindro predeterminado" no ponto de tempo corrente.

[067] Nesse caso, assume-se que a "injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão no cilindro predeterminado" não está sendo executada no ponto de tempo corrente. Nesse caso, a unidade CPU determina "Não" na etapa 710, e a unidade CPU segue para a etapa 720 a fim de determinar se "a detonação está ocorrendo no cilindro predeterminado" através de um método convencional, com base no sinal do sensor de detonação 47. Quando a detonação não está ocorrendo no cilindro predeterminado, a unidade CPU determina "Não" na etapa 720, e prossegue diretamente para a etapa 795 a fim de temporariamente encerrar a rotina.

[068] Após a determinação de que a detonação está ocorrendo na etapa 720 (ou seja, após a determinação de que "uma solicitação de controle da detonação (solicitação de anti-detonção)" se encontra em efeito), a unidade CPU determina

"Sim" na etapa 720. Deste modo, a unidade CPU prossegue para a etapa 730, e executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 795 e temporariamente termina a rotina.

[069] Como resultado, a injeção de combustível de elevação total FLinj é executada uma vez no cilindro predeterminado, tal como mostrado na Figura 8. Em seguida, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão PLinj é executada em uma pluralidade de vezes (três vezes nesta modalidade, mas pode ser uma vez) em momentos predeterminados próximos ao momento de ignição (por conseguinte, próximo do ponto morto de compressão superior). De modo geral, a detonação tem uma maior probabilidade de ocorrer na válvula de admissão, tal como descrito acima. Sendo assim, de modo geral, a detonação é controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão PLinj.

[070] Em seguida, a unidade CPU retoma o processamento da rotina da Figura 7, a partir da etapa 700. Neste caso, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada, e, deste modo, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 710, e prossegue para a etapa 740 a fim de determinar se a detonação está ocorrendo. Quando a detonação não está ocorrendo, a unidade CPU determina "Não" na etapa 740, e prossegue diretamente para a etapa 795 a fim de encerrar temporariamente a rotina. Quando a detonação é controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão, tal como descrito acima, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão é finalizada (ver etapa 980 na Figura 9, descrita mais adiante).

[071] Quando uma detonação ainda está ocorrendo, mesmo que a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão esteja sendo executada, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 740 e prossegue para as etapas 750 e 760 a fim de executar o processamento de retardo do momento de ignição.

[072] Em termos específicos, na etapa 750, a unidade CPU incrementa uma quantidade de retardo de anti-detonção Akcs em um valor positivo predeterminado dA. A quantidade de retardo de anti-detonção Akcs é ajustada para "0" através de uma rotina inicial não ilustrada executada quando o motor 10 é ligado. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 760 para ajustar um momento de ignição final Aig. O momento de ignição final Aig é obtido ao se retardar o "momento de ignição básica Abase independentemente determinado com base na carga e na velocidade de rotação de motor NE do motor 10" pela quantidade de retardo de anti-detonção Akcs. A unidade de controle eletrônico 30 aciona o cilindro predeterminado no momento de ignição Aig. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 795 a fim de encerrar temporariamente a rotina.

[073] Após a determinação de que a detonação ainda está ocorrendo mesmo quando a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada, a unidade CPU retarda o momento de ignição a fim de controlar uma detonação. Quando a detonação continua, a unidade CPU determina "Não" na etapa 710 e "Sim" na etapa 740. Deste modo, o momento de ignição é retardado pela quantidade de incremento de retardo dA através do processamento das etapas 750 e 760.

[074] Após encerrar o processamento da rotina apresentada na Figura 7, a unidade CPU prossegue imediatamente para uma rotina de finalização de controle de anti-detonção mostrada no fluxograma da Figura 9. Em termos específicos, a unidade CPU prossegue para a etapa 900 a partir da etapa 795 da Figura 7. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 910 a fim de determinar se "uma detonação está ocorrendo no cilindro predeterminado". Quando a detonação está ocorrendo, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 910 e prossegue diretamente para a etapa 995 a fim de encerrar temporariamente a rotina. Sendo assim, a injeção de combustível de elevação parcial continua, com o momento de ignição retardado, ca-

so o momento de ignição tenha sido retardado.

[075] Quando uma detonação não está ocorrendo no cilindro predeterminado no ponto em que a unidade CPU executa o processamento na etapa 910, a unidade CPU determina "Não" na etapa 910, e prossegue para a etapa 920 a fim de determinar se a quantidade de retardo de detonação Akcs é maior do que "0". Em termos específicos, a unidade CPU determina se o momento de ignição foi retardado no ponto de tempo corrente. Quando a quantidade de retardo de detonação Akcs não é maior do que "0", a unidade CPU determina "Não" na etapa 920, e prossegue diretamente para a etapa 940.

[076] Quando a quantidade de retardo de detonação Akcs é maior do que "0", a unidade CPU determina "Sim" na etapa 920, e prossegue para a etapa 930 a fim de diminuir a quantidade de retardo de detonação Akcs por um valor positivo predeterminado dB menor do que o valor dA. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 940.

[077] Na etapa 940, a unidade CPU determina se a quantidade de retardo de anti-detonação Akcs é menor do que "0". Quando a quantidade de retardo de anti-detonação Akcs é menor do que "0", a unidade CPU prossegue para a etapa 950 a fim de ajustar a quantidade de retardo de anti-detonação Akcs como sendo "0", e, em seguida, prossegue para a etapa 960. Quando a quantidade de retardo de anti-detonação Akcs não é menor do que "0", a unidade CPU prossegue diretamente para a etapa 960 a partir da etapa 940.

[078] Na etapa 960, a unidade CPU define o "momento de ignição obtido ao se retardar o momento de ignição básica Abase pela quantidade de retardo de anti-detonação Akcs" como o momento de ignição final Aig. A unidade de controle eletrônico 30 executa a ignição no cilindro predeterminado no momento de ignição Aig então definido. Como resultado, o momento de ignição é avançado para o momento de ignição básica Abase pelo valor dB cada vez que a unidade CPU determina que o

momento de ignição é retardado a fim de controlar uma detonação, mesmo quando nenhuma detonação está ocorrendo.

[079] Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 970 a fim de determinar se a quantidade de retardo de anti-detonação Akcs é "0". Em outras palavras, a unidade CPU determina se o momento de ignição final Aig do cilindro predeterminado no ponto de tempo corrente é retardado a partir do momento de ignição básica Abase a fim de controlar a detonação. Quando a quantidade de retardo de anti-detonação Akcs não é "0", a unidade CPU determina "Não" na etapa 970, e prossegue diretamente para a etapa 995 a fim de terminar temporariamente a rotina. Como resultado, o processamento da etapa 980 descrita mais adiante não é executado, em função do que a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão continua a ser executada, contanto que o momento de ignição seja retardado no sentido de controlar a detonação.

[080] Quando a quantidade de retardo de anti-detonação Akcs é "0" no ponto em que a unidade CPU executa o processamento da etapa 970, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 970, e prossegue para a etapa 980 a fim de encerrar a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 995 a fim de terminar temporariamente a rotina.

[081] Tal com descrito acima, o primeiro dispositivo é o controlador de motor incluindo o controlador (a unidade de controle eletrônico 30) que injeta um combustível a partir da válvula de injeção de combustível 20 ao alterar a quantidade de elevação do corpo de válvula 22. O controlador executa a primeira injeção de combustível (injeção de combustível principal, uma única injeção de combustível de elevação total) antes do momento de ignição através de uma rotina não ilustrada. O controlador determina se a solicitação para controlar a detonação se encontra em efeito (etapa 720 da Figura 7). Após a determinação de que a solicitação se encontra em efeito, o controlador injeta o combustível (por conseguinte, executa a injeção de

combustível de elevação parcial) no "momento predeterminado próximo ao momento de ignição (ponto morto superior de compressão)" após a primeira ignição de combustível (etapa 730 da Figura 7). Esta injeção de combustível de elevação parcial é executada com a quantidade de elevação ajustada dentro da faixa até "a quantidade de elevação parcial menor do que a quantidade de elevação máxima".

[082] Sendo assim, o primeiro dispositivo pode controlar uma detonação sem retardar o momento de ignição. O primeiro dispositivo retarda o momento de ignição quando a detonação não pode ser controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão (etapas 740 a 760 da Figura 7). A quantidade de retardo, nesse caso, poderá ser menor do que no caso em que a detonação é controlada apenas ao se retardar o momento de ignição. Além disso, o combustível injetado pela injeção de combustível de elevação parcial pode contribuir para a geração de torque. Como resultado, a detonação pode ser controlada com uma menor degradação da eficiência de combustível devido ao momento de ignição com retardo.

#### Segunda Modalidade

[083] Um controlador de motor (daqui em diante também referido como "segundo dispositivo") de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção é diferente do primeiro dispositivo no seguinte aspecto. Em termos específicos, após a determinação de que uma detonação ocorreu em um estado no qual nenhum controle para controlar a detonação (a injeção de combustível de elevação parcial e o momento de ignição com retardo) é executado, a unidade CPU primeiramente executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Em seguida, após a determinação de que a detonação ainda está ocorrendo neste estado, a unidade CPU executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape em vez da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão.

[084] Em termos mais específicos, uma unidade CPU da unidade de controle

eletrônico 30 do segundo dispositivo executa o processamento de uma rotina de anti-detonação, mostrada no fluxograma da Figura 10, em qualquer cilindro, toda vez que um ângulo de manivela do cilindro corresponde a um ponto morto superior de admissão.

[085] Sendo assim, quando o ângulo de manivela de um determinado cilindro (daqui em diante, referido como "cilindro predeterminado" para fins de conveniência) coincide com o ponto morto superior de admissão do cilindro predeterminado, a unidade CPU começa o processamento da etapa 1000 da Figura 10. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1005 a fim de determinar se "a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada no cilindro predeterminado" no ponto de tempo corrente.

[086] A unidade CPU determina "Não" na etapa 1005 quando nem a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão nem a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape são executadas. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1010 a fim de determinar se uma detonação está ocorrendo. Quando uma detonação não está ocorrendo no cilindro predeterminado, a unidade CPU determina "Não" na etapa 1010, e prossegue diretamente para a etapa 1095 a fim de terminar temporariamente a rotina.

[087] Quando a unidade CPU determina que a detonação está ocorrendo na etapa 1010, a unidade CPU prossegue para a etapa 1015, e executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Em seguida, a unidade CPU prossegue diretamente para a etapa 1095 a fim de finalizar temporariamente a rotina. Como resultado, a primeira injeção de combustível (injeção de combustível principal, uma única injeção de combustível de elevação total) FLinj é executada no cilindro predeterminado através de uma rotina não ilustrada. Em seguida, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão PLinj é ainda executada

uma pluralidade de vezes (três vezes na presente modalidade, mas pode ser uma vez) nos momentos próximos ao momento de ignição. De modo geral, a detonação tem uma maior chance de ocorrer na válvula de admissão. Sendo assim, de modo geral, a detonação é susceptível de ser controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão PLinj.

[088] Em seguida, a unidade CPU retoma o processamento da rotina da Figura 10 a partir da etapa 1000. Desta vez, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada, e, deste modo, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1005, e prossegue para a etapa 1020 a fim de determinar se a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada. Nesse caso, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada, por conseguinte, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1020, e prossegue para a etapa 1025 a fim de determinar se uma detonação está ocorrendo.

[089] Na etapa 1025, a unidade CPU determina "Não" quando a detonação não está ocorrendo, e prossegue diretamente para a etapa 1095 a fim de encerrar temporariamente a rotina. Quando a detonação é desta maneira controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão é terminada (ver a etapa 1110 da Figura 11, descrita mais adiante).

[090] Quando uma detonação está ocorrendo mesmo quando uma injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada, uma detonação é provável que ocorra em uma área da válvula de escape. Neste caso, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1025 e prossegue para a etapa 1030 a fim de terminar a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1035 e executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape, e depois prossegue para a

etapa 1095 a fim de encerrar temporariamente a rotina.

[091] Em seguida, a unidade CPU retoma o processamento da rotina da Figura 10 a partir da etapa 1000. Desta vez, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada, e, deste modo, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1005, determina "Não" na etapa 1020, e prossegue para a etapa 1040 a fim de determinar se a detonação está ocorrendo. Na etapa 1040, a unidade CPU determina "Não" quando a detonação não está ocorrendo, e diretamente prossegue para a etapa 1095 a fim de encerrar temporariamente a rotina. Quando a detonação é, deste modo, controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape é finalizada (ver a etapa 1110 da Figura 11, descrita mais adiante).

[092] Quando uma detonação está ocorrendo mesmo quando uma injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1040, e, em seguida, prossegue para as etapas 750 e 760 no sentido de executar o processamento de retardo do momento de ignição. O processamento das etapas 750 e 760 já foi descrito, e, por conseguinte, não será mais uma vez descrito.

[093] Tal como descrito acima, após a determinação de que a detonação está ocorrendo mesmo quando a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada, a unidade CPU retarda o momento de ignição no sentido de controlar a detonação. O processamento das etapas 750 e 760 é repetido enquanto a detonação continua, e o momento de ignição é retardado a cada vez.

[094] Quando o processamento da rotina da Figura 10 é finalizado, a unidade CPU imediatamente executa um processamento de terminação de controle de anti-detonação mostrado no fluxograma da Figura 11. As etapas da Figura 11, nas quais o processamento é o mesmo que o das etapas já descritas, são indicadas com os

mesmos numerais de referência de etapas homólogas, e, portanto, a sua descrição será omitida, conforme apropriado.

[095] A rotina da Figura 11 só é diferente da rotina da Figura 9 no sentido de que a etapa 980 da Figura 9 é substituída pela etapa 1110. Deste modo, quando qualquer uma dentre a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão e a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada sob a condição de que a detonação não está ocorrendo e que o momento de ignição não é retardado no sentido de controlar a detonação (quando a quantidade de retardo de anti-detonação Akcs é "0"), a unidade CPU finaliza a injeção de combustível de elevação parcial que está sendo executada.

[096] Tal como descrito acima, o segundo dispositivo executa a primeira injeção de combustível (injeção de combustível principal, uma única injeção de combustível de elevação total) antes do momento de ignição. Além disso, após a determinação de que a solicitação de anti-detonação se encontra em efeito (a detonação começa a ser detectada em um estado no qual nenhuma detonação é detectada), o segundo dispositivo executa a primeira injeção de combustível de elevação parcial (injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão) com a quantidade de elevação parcial ajustada para a primeira quantidade de elevação. Deste modo, o borrião de combustível é formado na válvula de admissão da câmara de combustão CC (etapas 1005 a 1015 da Figura 10). Quando uma detonação é ainda detectada mesmo quando a primeira injeção de combustível de elevação parcial está sendo executada, a unidade CPU executa a segunda injeção de combustível de elevação parcial (injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape) com a quantidade de elevação parcial ajustada para a segunda quantidade de elevação maior do que a primeira quantidade de elevação. Deste modo, o borrião de combustível é formado na válvula de escape da câmara de combustão CC (etapas 1020 a 1035 da Figura 10).

[097] Tal como descrito acima, quando a detonação é detectada, primeiramente, a detonação na válvula de admissão, na qual a detonação tem uma maior probabilidade de ocorrer, é controlada por meio da primeira injeção de combustível de elevação parcial. Nesse caso, quando a detonação é ainda detectada depois de a primeira injeção de combustível de elevação parcial ser executada, a detonação é susceptível de ocorrer na válvula de escape. Deste modo, a segunda injeção de combustível de elevação parcial é executada de modo a controlar uma detonação que ocorre na válvula de escape. Com todos esses aspectos considerados, ao se usar seletivamente a primeira injeção de combustível de elevação parcial e a segunda injeção de combustível de elevação parcial, a detonação poderá ser efetivamente controlada, sem identificar se uma detonação está ocorrendo na válvula de admissão ou na válvula de escape da câmara de combustão.

#### Terceira Modalidade

[098] Um controlador de motor (daqui em diante também referido como "terceiro dispositivo") de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção identifica se uma detonação está ocorrendo na válvula de admissão ou na válvula de escape da câmara de combustão, com base nos sinais do sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 e do sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46, após a determinação de que uma detonação está ocorrendo, com base no sinal de um sensor de detonação 47.

[099] Após a determinação de que uma detonação está ocorrendo na válvula de admissão, o terceiro dispositivo executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Após a determinação de que uma detonação está ocorrendo na válvula de escape, o terceiro dispositivo executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape. Após a determinação de que uma detonação ainda está ocorrendo, mesmo quando a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou a injeção de combustível de elevação parcial

de válvula de escape está sendo executada, o terceiro dispositivo retarda o momento de ignição. Além disso, o terceiro dispositivo é o mesmo que o primeiro dispositivo e o segundo dispositivo.

[0100] Em termos mais específicos, a unidade CPU da unidade de controle eletrônico 30 do terceiro dispositivo executa o processamento de uma rotina de anti-detonação, mostrada no fluxograma da Figura 12, em qualquer cilindro, toda vez que um ângulo de manivela do cilindro corresponde a um ponto morto superior de admissão.

[0101] Por conseguinte, quando o ângulo de manivela de um determinado cilindro (daqui em diante, referido como "cilindro predeterminado" para fins de conveniência) coincide com o ponto morto superior de admissão do cilindro predeterminado, a unidade CPU inicia um processamento na etapa 1200 da Figura 12. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1210 a fim de determinar se a detonação está ocorrendo no cilindro predeterminado. Quando a detonação não está ocorrendo no cilindro predeterminado, a unidade CPU determina "Não" na etapa 1210, e passa diretamente para a etapa 1295 a fim de encerrar temporariamente a rotina.

[0102] Após a determinação de que uma detonação está ocorrendo na etapa 1210, a unidade CPU prossegue para a etapa 1220, e determina se "qualquer uma dentre a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada no cilindro predeterminado" no ponto de tempo corrente.

[0103] Quando nem a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão nem a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape são executadas, a unidade CPU determina "Não" na etapa 1220, e prossegue para a etapa 1230 a fim de identificar uma posição de ocorrência de uma detonação.

[0104] Um método para a identificação da posição de ocorrência de uma detonação é descrito. A Figura 13A mostra a pressão de cilindro no caso em que uma

detonação não está ocorrendo, enquanto que as Figuras 13B e 13C mostram a pressão de cilindro nos casos em que uma detonação está ocorrendo. Tal como se torna evidente a partir das figuras, uma detonação ocorre quando a pressão de cilindro cai depois de a pressão de cilindro atingir um pico, e a pressão de cilindro flutua em função da detonação.

[0105] Quando uma detonação ocorre na válvula de admissão, a flutuação da pressão de cilindro é detectada mais cedo pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 do que pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46. Em termos específicos, quando uma detonação ocorre na válvula de admissão, a pressão de cilindro (pressão de cilindro de válvula de admissão CPIn) detectada pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 corresponde à forma de onda mostrada na Figura 13B, e a pressão de cilindro (pressão de cilindro de válvula de escape CPEX) detectada pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46 corresponde à forma de onda mostrada na Figura 13C. Sendo assim, a pressão de cilindro detectada pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 começa a flutuar mais cedo, por um tempo  $t_d$ , do que a pressão de cilindro detectada pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46. Quando uma detonação ocorre na válvula de escape, a pressão de cilindro detectada pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46 corresponde à forma de onda mostrada na Figura 13B, e a pressão de cilindro detectada pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 corresponde à forma de onda mostrada na Figura 13C. Deste modo, a pressão de cilindro detectada pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46 começa a flutuar mais cedo, por um tempo  $t_d$ , do que a pressão de cilindro detectada pelo sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45. A unidade CPU identifica se a detonação está ocorrendo na válvula de admissão ou na válvula de escape, com base nesta condição (na qual uma dentre a pressão de cilindro de válvula de admissão CPIn ou a pressão de cilindro de válvula

de escape CPEX começa a flutuar mais cedo).

[0106] Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1240, e determina se uma detonação está ocorrendo na área da válvula de admissão da câmara de combustão CC (a área mais próxima da válvula de admissão 16 do que a válvula de escape 17, e próxima à superfície de coroa de pistão 13). Após a determinação de que uma detonação está ocorrendo na área da válvula de admissão da câmara de combustão CC, a unidade CPU prossegue para a etapa 1250, e executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1295 e temporariamente termina a rotina. Como resultado, uma única injeção de combustível (injeção de combustível principal) FLinj é executada no cilindro predeterminado através de uma rotina não ilustrada. Em seguida, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão PLinj é ainda executada uma pluralidade de vezes (três vezes nesta modalidade, mas pode ser uma vez) nos momentos próximos ao momento de ignição (ou no ponto morto superior de admissão).

[0107] Após a determinação de que uma detonação está ocorrendo na área da válvula de escape da câmara de combustão CC (a área mais próxima da válvula de escape 17 do que da válvula de admissão 16, e próxima da superfície de coroa de pistão 13), a unidade CPU determina "Não" na etapa 1240 e prossegue para a etapa 1260 a fim de executar a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1295 e termina a rotina temporariamente. Como resultado, uma única injeção de combustível (injeção de combustível principal) FLinj é executada no cilindro predeterminado através de uma rotina não ilustrada. Em seguida, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape PLinj é ainda executada uma pluralidade de vezes (três vezes, nesta modalidade, mas pode ser uma vez) em momentos próximos ao ponto morto superior de admissão. Quando a detonação é controlada por meio da injeção de

combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou pela injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape, a injeção de combustível de elevação parcial executada é finalizada (ver etapa 1110 da Figura 11).

[0108] Em seguida, a unidade CPU retoma o processamento da rotina da Figura 12 a partir da etapa 1200. Quando é determinado que a detonação continua e qualquer uma dentre a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada, a unidade CPU determina "Sim" nas etapas 1210 e 1220, e prossegue para as etapas 750 e 760 a fim de executar o processamento de retardo do momento de ignição. O processamento nas etapas 750 e 760 já foi descrito, e, por conseguinte, não precisa ser aqui descrito em mais detalhe.

[0109] Tal como descrito acima, após a determinação de que uma detonação está ainda ocorrendo mesmo quando a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada, a unidade CPU retarda o momento de ignição a fim de controlar a detonação. O processamento das etapas 750 e 760 é repetido enquanto a detonação continua, e o momento de ignição é retardado a cada vez.

[0110] Quando o processamento da rotina da Figura 12 termina, a unidade CPU imediatamente executa um processamento de término de controle de anti-detonação mostrado no fluxograma da Figura 11. A rotina da Figura 11 já foi descrita, e, por conseguinte, não precisa ser descrita em mais detalhe.

[0111] Tal como descrito acima, o terceiro dispositivo executa a primeira injeção de combustível (injeção de combustível principal, uma única injeção de combustível de elevação total) antes do momento de ignição. O terceiro dispositivo inclui uma unidade de identificação de detonação. A unidade de identificação de detonação determina se uma detonação está ocorrendo, e identifica se a detonação está ocorrendo na válvula de admissão ou na válvula de escape da câmara de combus-

tão CC (etapa 1230 na Figura 12). Quando a unidade de identificação de detonação identifica que a detonação está ocorrendo na válvula de admissão da câmara de combustão CC, a unidade CPU determina que a solicitação de anti-detonação se encontra em efeito, e executa a "primeira injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para a primeira quantidade de elevação". Deste modo, um borrião de combustível é formado na válvula de admissão da câmara de combustão CC (etapas 1240 e 1250 na Figura 12). Quando a unidade de identificação de detonação identifica que uma detonação está ocorrendo na válvula de escape da câmara de combustão CC, a unidade CPU determina que uma solicitação de anti-detonação se encontra em efeito, e executa a "segunda injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial sendo ajustada para uma segunda quantidade de elevação maior do que a primeira quantidade de elevação". Sendo assim, um borrião de combustível é formado na válvula de escape da câmara de combustão CC (etapas 1240 e 1260 na Figura 12).

[0112] De acordo com este aspecto, a detonação que ocorre na válvula de admissão pode ser imediatamente controlada por meio da primeira injeção de combustível de elevação parcial (injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão). A detonação que ocorre na válvula de escape pode ser imediatamente controlada por meio da segunda injeção de combustível de elevação parcial (injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape).

[0113] Poderá também ser identificado se uma detonação está ocorrendo na válvula de admissão ou na válvula de escape podem com base nos sinais de uma sonda de íons disposta sobre cada um dos lados da válvula de admissão e da válvula de escape, por exemplo. O sinal da sonda de íons aumenta quando a chama atinge a sonda de íons. Deste modo, quando uma detonação é detectada, a unidade CPU pode identificar que a detonação está ocorrendo no lado de admissão, quando o sinal da sonda de íons disposta no lado de escape aumenta mais cedo do que o

sinal da sonda de íons no lado de admissão. Quando uma detonação é detectada, a unidade CPU pode identificar que a detonação está ocorrendo no lado de escape, quando o sinal da sonda de íons disposta no lado de admissão aumenta mais cedo do que o sinal da sonda de íons no lado de escape.

[0114] Quando o sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 e o sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46 são providos, o sensor de detonação 47 pode ser omitido. Na etapa 1210 da Figura 12, a unidade CPU pode determinar se uma detonação está ocorrendo com base na pressão de cilindro de qualquer um dentre o sensor de pressão de cilindro de válvula de admissão 45 ou o sensor de pressão de cilindro de válvula de escape 46.

#### Quarta Modalidade

[0115] O primeiro ao terceiro dispositivos determinam se a solicitação para controlar uma detonação (solicitação de anti-detonação) se encontra em efeito, após a determinação de que uma detonação está ocorrendo com base no sinal de um sensor de detonação 47. Em contrapartida, um controlador de motor (daqui em diante, também referido como "quarto dispositivo") de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção determina que uma solicitação de anti-detonação se encontra em efeito após a determinação de que um estado de operação (um estado de operação determinado pela carga e pela velocidade de rotação de motor NE do motor 10, por exemplo) está dentro de uma região de operação de anti-detonação pre-determinada.

[0116] Em termos mais específicos, a unidade CPU da unidade de controle eletrônico 30 do quarto dispositivo executa o processamento de uma rotina de anti-detonação, mostrada no fluxograma da Figura 14, em qualquer cilindro, cada vez que um ângulo de manivela do cilindro corresponde a um ponto morto superior de admissão. A rotina da Figura 14 só é diferente da rotina da Figura 7 no sentido de que a etapa 720 da Figura 7 é substituída pela etapa 1410. Em termos específicos, a

unidade CPU prossegue para a etapa 1410 a partir da etapa 710 quando a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão não está sendo executada. Na etapa 1410, a unidade CPU determina se o estado de funcionamento de motor determinado pela carga de motor (por exemplo, a quantidade de carga de ar no cilindro, a quantidade de depressão do pedal acelerador Accp, e uma posição de abertura da válvula de borboleta) e pela velocidade de rotação de motor NE está dentro da região de operação de anti-detonação. A região de operação de anti-detonação é uma região (ou seja, uma região A) com uma carga de motor KL maior do que um limite de carga KLth, tal como mostrado em um mapa na Figura 14.

[0117] Quando o estado de operação corrente se encontra fora da região de operação de anti-detonação, a unidade CPU determina "Não" na etapa 1410, e passa diretamente para a etapa 1495 a fim de encerrar temporariamente a rotina, sem executar a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Quando o estado de operação corrente se encontra dentro da região de operação de anti-detonação, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1410, e prossegue para a etapa 730 a fim de executar a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1495 a fim de terminar temporariamente a rotina. De modo geral, uma detonação tem uma maior probabilidade de ocorrer na válvula de admissão, tal como descrito acima. Por conseguinte, de modo geral, a detonação é controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão PLinj.

[0118] Em seguida, a unidade CPU retoma o processamento da rotina da Figura 14, a partir da etapa 1400. Nesse caso, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada, e, por conseguinte, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 710, e prossegue para a etapa 740 a fim de determinar se a detonação está ocorrendo. Quando a detonação não está ocorrendo, a unidade CPU determina "Não" na etapa 740, e prossegue diretamente para a etapa

1495 a fim de encerrar temporariamente a rotina. Quando a detonação é controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão, tal como descrito acima, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão é encerrada (ver a etapa 980 da Figura 9 a ser descrita mais adiante).

[0119] Quando uma detonação está ocorrendo, mesmo quando a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão está sendo executada, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 740 e prossegue para as etapas 750 e 760 a fim de executar o processamento de retardo do momento de ignição.

[0120] A unidade CPU executa "a rotina de término de controle de anti-detonação da Figura 9 sem as etapas 970 e 980" logo depois de o processamento da rotina da Figura 14 ser encerrado. A rotina da Figura 9 já foi descrita, e, portanto, não será aqui descrita em mais detalhe.

[0121] Tal como descrito acima, o quarto dispositivo determina que a solicitação de anti-detonação se encontra em efeito após a determinação de que um estado de operação se encontra em "um estado de operação predeterminado no qual uma detonação precisa ser controlada (ou seja, quando o estado de funcionamento do motor 10 está dentro da região de operação de anti-detonação)". Em seguida, a unidade CPU executa a primeira injeção de combustível (injeção de combustível principal, uma única injeção de combustível de elevação total) antes do momento de ignição e, em seguida, executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Com todos esses aspectos considerados, a detonação pode ser controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. No quarto dispositivo, o limite de carga KLth pode ser alterado de modo a ficar mais baixo (ou seja, a região A pode ser aumentada) à medida que a temperatura (por exemplo, a temperatura do líquido de refrigeração) no motor 10 aumenta.

#### Quinta Modalidade

[0122] O terceiro dispositivo descrito acima determina que a solicitação para

controlar a detonação se encontra em efeito após a determinação de que a detonação está ocorrendo. Além disso, o terceiro dispositivo identifica a posição de ocorrência de uma detonação, e executa "qualquer uma dentre a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape" de acordo com a posição de ocorrência de detonação identificada. Em contrapartida, um controlador de motor (daqui em diante, também referido como "quinto dispositivo") de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção determina que a solicitação para controlar a detonação se encontra em efeito após a determinação de que um estado de funcionamento do motor 10 (um estado de operação determinado pela carga e pela velocidade de rotação de motor NE do motor 10, por exemplo) se encontra dentro de uma faixa na qual uma detonação na válvula de admissão precisa ser controlada, e executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Além disso, o quinto dispositivo determina se a solicitação para controlar a detonação se encontra em efeito quando o estado de funcionamento do motor 10 está dentro de uma faixa na qual a detonação na válvula de escape precisa ser controlada, e executa a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape.

[0123] Em termos mais específicos, a unidade CPU da unidade de controle eletrônico 30 do quinto dispositivo executa o processamento de uma rotina de anti-detonação mostrada no fluxograma da Figura 15, em qualquer cilindro, toda vez que um ângulo de manivela do cilindro corresponde a um ponto morto superior de admissão.

[0124] Sendo assim, quando o ângulo de manivela de um determinado cilindro (daqui em diante, referido como "cilindro predeterminado" para fins de conveniência) coincide com o ponto morto superior de admissão do cilindro predeterminado, a unidade CPU inicia o processamento da etapa 1500 da Figura 15. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1510 e determina se "qualquer uma dentre a

injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão e a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada no cilindro predeterminado" no ponto de tempo corrente.

[0125] Quando nem a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão nem a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape são executadas, a unidade CPU determina "Não" na etapa 1510, e prossegue para a etapa 1520. Na etapa 1520, a unidade CPU determina se o estado de funcionamento de motor se encontra dentro da "uma região de operação X na qual uma detonação na válvula de admissão precisa ser controlada". Tal como mostrado na Figura 16, a região de operação X é uma região com uma carga de motor KL maior do que o limite de carga KLth, e uma velocidade de rotação de motor NE mais baixa que o limite de velocidade de rotação Neth (por conseguinte, é uma região de baixa rotação e alta carga).

[0126] Quando o estado de operação corrente está dentro da região de operação X, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1520 e prossegue para a etapa 1250 a fim de executar a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1595 e temporariamente finaliza a rotina.

[0127] Quando o estado de operação está fora da região de operação X no ponto em que a unidade CPU executa o processamento da etapa 1520, a unidade CPU determina "Não" na etapa 1520 e prossegue para a etapa 1530 a fim de determinar se o estado de operação está dentro de "uma região de operação Y na qual a detonação na válvula de escape precisa ser controlada". Tal como mostrado na Figura 16, a região de operação Y é uma região com uma carga de motor KL maior do que o limite de carga KLth, e com uma velocidade de rotação de motor NE maior do que o limite de velocidade de rotação NEth (por conseguinte, é uma região de alta rotação e alta carga). A região de operação X e região a operação Y podem ser co-

mutadas de acordo com o motor.

[0128] Quando o estado de operação corrente está dentro da região de operação Y, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1530 e prossegue para a etapa 1260 a fim de executar a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1595 e temporariamente termina a rotina.

[0129] Quando o estado de operação está fora da região de operação Y no ponto em que a unidade CPU executa o processamento da etapa 1530, a unidade CPU determina "Não" na etapa 1530, e prossegue diretamente para a etapa 1595 a fim de terminar temporariamente a rotina. Neste caso, nem "a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão nem a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape" é executada no cilindro predeterminado.

[0130] Quando qualquer uma dentre a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape está sendo executada, a unidade CPU determina "Sim" após prosseguir para a etapa 1510. Em seguida, a unidade CPU prossegue para a etapa 1540 e determina se a detonação está ocorrendo no cilindro predeterminado.

[0131] Quando a detonação está ocorrendo neste ponto, a unidade CPU determina "Sim" na etapa 1540, e prossegue para as etapas 750 e 760 a fim de executar o processamento de retardo do momento de ignição. O processamento das etapas 750 e 760 já foi descrito, e, por conseguinte, não será aqui descrito em mais detalhe.

[0132] A unidade CPU executa "a rotina de término de controle de anti-detonação da Figura 11, sem as etapas 970 e 1110" logo depois de o processamento da rotina da Figura 15 ser encerrado. A rotina da Figura 11 já foi descrita, e, por conseguinte, não será aqui descrito em mais detalhe.

[0133] Tal como descrito acima, o quinto dispositivo executa a primeira inje-

ção de combustível (injeção de combustível principal, uma única injeção de combustível de elevação total) antes do momento de ignição. O quinto dispositivo executa ainda as seguintes operações. Em termos específicos, (1) quando o estado de operação do motor 10 é o primeiro estado de operação predeterminado no qual a detonação na válvula de admissão da câmara de combustão CC precisa ser controlada (ou seja, quando o estado de funcionamento do motor 10 está dentro da região de operação X na Figura 16), a unidade CPU determina que a solicitação de anti-detonação se encontra em efeito, e executa "a primeira injeção de combustível de elevação parcial (injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão), com a quantidade de elevação parcial ajustada para a primeira quantidade de elevação". Deste modo, um borrifo de combustível é formado na válvula de admissão da câmara de combustão CC, (2) quando o estado de funcionamento do motor 10 é o segundo estado de operação predeterminado no qual uma detonação na válvula de escape da câmara de combustão CC precisa ser controlada (ou seja, quando o estado de funcionamento do motor 10 está dentro da região de operação Y na Figura 16), a unidade CPU determina que a solicitação de anti-detonação se encontra em efeito, e executa "a segunda injeção de combustível de elevação parcial (injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape) com a quantidade de elevação parcial ajustada para a segunda quantidade de elevação maior do que a primeira quantidade de elevação". Sendo assim, um borrifo de combustível é formado na válvula de escape da câmara de combustão CC.

[0134] Sendo assim, a detonação na válvula de admissão pode ser controlada por meio da primeira injeção de combustível de elevação parcial, e a detonação na válvula de escape pode ser controlada por meio da segunda injeção de combustível de elevação parcial.

[0135] Tal como descrito acima, o controlador de motor de acordo com cada modalidade poderá controlar uma detonação de maneira eficaz, sem retardar em

grande medida o momento de ignição tendo em vista o uso adequado da injeção de combustível de elevação parcial.

[0136] A presente invenção não está limitada às modalidades acima descritas, e várias modificações podem ser feitas dentro do âmbito de aplicação da presente invenção. Por exemplo, tal como ilustrado na Figura 17, a velocidade de propagação de chama diminui à medida que a razão ar-combustível da mistura de ar-combustível aumenta (a mistura de ar-combustível se torna mais pobre). Deste modo, a detonação tem uma maior probabilidade de ocorrer com uma maior razão ar-combustível da mistura de ar-combustível. Sendo assim, tal como mostrado nas Figuras 18A e 18B, quando uma condição para executar a injeção de combustível de elevação parcial (a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão e a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape) é atendida, os dispositivos de acordo com as modalidades podem aumentar o número de vezes que a injeção de combustível de elevação parcial é executada, à medida que a razão ar-combustível da mistura de ar-combustível aumenta. A razão ar-combustível da mistura de ar-combustível pode ser obtida com base em uma razão ar-combustível alvo definida, ou poderá ser detectada por um sensor de razão ar-combustível disposto em uma passagem de gases de escape.

[0137] O controlador de motor de acordo com cada modalidade da presente invenção pode também ser aplicado a um motor de combustão interna que inclui uma válvula de injeção de combustível por orifício de admissão que injeta o combustível para o orifício de admissão, além da válvula de injeção direta, tal como a válvula de injeção de combustível 20.

[0138] Além disso, o número de vezes que a injeção de combustível de elevação parcial (injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão e injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape) é executada poderá ser aumentado de acordo com o aumento do nível de detonação (frequência da

detonação e/ou intensidade da detonação). Além disso, o número de vezes que a primeira injeção de combustível (injeção de combustível principal, uma única injeção de combustível de elevação total) é executada não é particularmente limitada a uma vez, e pode ser executada por meio da injeção de combustível de elevação parcial. Além da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de admissão ou da injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape, uma outra injeção de combustível de elevação parcial poderá ser executada em e após a uma etapa intermediária do tempo de expansão a fim de ajudar a aquecer o motor, por exemplo. A ocorrência de uma detonação pode ser determinada com base em um sinal de um sensor (por exemplo, um sensor de pressão de cilindro) diferente do sensor de detonação.

[0139] Na descrição acima, o motor 10 é configurado de modo a gerar um fluxo de queda. De maneira alternativa, o fluxo de queda não poderá ser gerado, ou um fluxo em redemoinho poderá ser gerado no lugar do fluxo de queda.

[0140] Além disso, o controlador de motor de acordo com cada modalidade retarda o momento de ignição quando a detonação não pode ser controlada por meio da injeção de combustível de elevação parcial. De maneira alternativa, a injeção de combustível de elevação parcial e o retardo do momento de ignição podem ser feitos de uma só vez quando a solicitação de anti-detonação se encontra em efeito, ou quando o momento de ignição não pode ser retardado. O nível de detonação na qual a injeção de combustível de elevação parcial é finalizada pode ser ajustado para ser menor do que o nível de detonação na qual a injeção de combustível de elevação parcial é iniciada.

[0141] O formato e a quantidade de orifício de injeção de combustível 21 da válvula de injeção de combustível 20 não são particularmente limitados, contanto que um borrião de combustível possa ser formado em uma posição desejada na câmara de combustão CC por meio da injeção de combustível de elevação parcial. Em

termos específicos, o formato do orifício de injeção de combustível 21, que é de um formato tipo fenda plana na descrição acima, pode ter um formato cilíndrico ou o formato de uma fenda com uma seção transversal em forma de cruz. Além disso, uma pluralidade de orifícios de injeção 21 pode ser provida em uma única válvula de injeção de combustível 20.

[0142] Na descrição acima, quando a injeção de combustível de elevação parcial é executada, a quantidade de injeção de combustível da injeção de combustível de elevação total (injeção de combustível principal) executada imediatamente antes da injeção de combustível de elevação parcial é subtraída pela quantidade de injeção de combustível da injeção de combustível de elevação parcial. De maneira alternativa, a injeção de combustível de elevação parcial pode ser ainda executada sem diminuir a quantidade de injeção de combustível da injeção de elevação total. Além disso, o momento de se executar a injeção de combustível de elevação parcial para controlar a detonação pode ser avançado ou retardado com relação ao momento de ignição. Em um motor no qual uma detonação é mais provável de ocorrer na válvula de escape do que na válvula de admissão, a injeção de combustível de elevação parcial de válvula de escape poderá ser executada na etapa 730 da Figura 7 ou da Figura 14. Da mesma forma, por exemplo, no motor no qual uma detonação é mais provável de ocorrer na válvula de escape do que na válvula de admissão, as etapas 1015 e 1035 poderão ser trocadas. De acordo com esse aspecto, outras etapas da Figura 10 (por exemplo, as etapas 1020 e 1030) poderão ser alteradas conforme apropriado.

## REIVINDICAÇÕES

1. Controlador de motor para ser aplicado a um motor de combustão interna de ignição por centelha (10), o motor de combustão interna de ignição por centelha (10) incluindo:

uma válvula de injeção de combustível (20) incluindo um corpo de válvula (22) que fecha um orifício de injeção de combustível (21) quando o corpo de válvula (22) está em uma posição de assentamento, a válvula de injeção de combustível (20) mudando uma quantidade de elevação, que é uma quantidade de movimento do corpo de válvula (22) a partir da posição de assentamento, dentro de uma faixa até uma quantidade de elevação máxima; e

um cilindro que define uma câmara de combustão (CC) aberta e fechada por uma válvula de admissão (16) e uma válvula de escape (17), o cilindro sendo fornecido com a válvula de injeção de combustível (20) de modo que combustível é injetado diretamente na câmara de combustão (CC),

o controlador de motor **CARACTERIZADO** por compreender:

uma unidade de controle (30) que executa primeira injeção de combustível a partir da válvula de injeção de combustível (20) antes de um momento de ignição mudando a quantidade de elevação para a quantidade de elevação máxima, em que

a unidade de controle (30) é configurada para determinar se uma solicitação para controlar detonação está em efeito, e executar injeção de combustível de elevação parcial mudando a quantidade de elevação dentro de uma faixa até uma quantidade de elevação parcial menor que a quantidade de elevação máxima em um momento predeterminado próximo ao momento de ignição após a primeira injeção de combustível executada antes do momento de ignição, ao se determinar que a solicitação está em efeito.

2. Controlador de motor, de acordo com a reivindicação 1,

**CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de controle (30) é configurada para executar a injeção de combustível de elevação parcial de forma consecutiva por uma pluralidade de vezes, ao se determinar que a solicitação está em efeito.

3. Controlador de motor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de controle (30) inclui um detector de detonação que detecta detonação, em que

a unidade de controle (30) é configurada para determinar que a solicitação está em efeito quando a detonação é detectada pelo detector de detonação.

4. Controlador de motor, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

a válvula de injeção de combustível (20) é fornecida de tal modo que o combustível seja diretamente injetado na câmara de combustão (CC) em direção a um lado da válvula de escape a partir de um lado da válvula de admissão,

a unidade de controle (30) é configurada para

executar, como a injeção de combustível de elevação parcial, primeira injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para uma primeira quantidade de elevação de tal modo que borrimo de combustível seja formado no lado da válvula de admissão na câmara de combustão (CC), ao se detectar que a solicitação está em efeito, e

executar, como a injeção de combustível de elevação parcial, segunda injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para uma segunda quantidade de elevação que é maior que a primeira quantidade de elevação de tal modo que borrimo de combustível seja formado no lado da válvula de escape na câmara de combustão (CC), quando a detonação é ainda detectada pelo detector de detonação enquanto a primeira injeção de combustível de elevação parcial é executada.

5. Controlador de motor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2,

**CARACTERIZADO** pelo fato de que:

a válvula de injeção de combustível (20) é fornecida de tal modo que o combustível seja diretamente injetado na câmara de combustão (CC) em direção a um lado da válvula de escape a partir de um lado da válvula de admissão,

a unidade de controle (30) inclui uma unidade de identificação de detonação que determina se a detonação ocorre e identifica se a detonação ocorre no lado da válvula de admissão ou no lado da válvula de escape na câmara de combustão (CC),

a unidade de controle (30) é configurada para

determinar que a solicitação está em efeito, e executar, como a injeção de combustível de elevação parcial, primeira injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para uma primeira quantidade de elevação de tal modo que borriço de combustível seja formado no lado da válvula de admissão na câmara de combustão (CC), quando a unidade de identificação de detonação determina que a detonação ocorre no lado da válvula de admissão na câmara de combustão (CC), e

determinar que a solicitação está em efeito, e executar, como a injeção de combustível de elevação parcial, segunda injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para uma segunda quantidade de elevação que é maior que a primeira quantidade de elevação de modo que borriço de combustível seja formado no lado da válvula de escape na câmara de combustão (CC), quando a unidade de identificação de detonação determina que a detonação ocorre no lado da válvula de escape na câmara de combustão (CC).

6. Controlador de motor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de controle (30) é configurada para determinar que a solicitação está em efeito quando um estado de funcionamento do motor é um estado de operação predeterminado onde detonação precisa ser contro-

lada.

7. Controlador de motor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

a válvula de injeção de combustível (20) é fornecida de tal modo que o combustível seja diretamente injetado na câmara de combustão (CC) em direção a um lado da válvula de escape a partir de um lado da válvula de admissão,

a unidade de controle (30) é configurada para

determinar que a solicitação está em efeito, e executar, como a injeção de combustível de elevação parcial, primeira injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para uma primeira quantidade de elevação de tal modo que borrimo de combustível seja formado no lado da válvula de admissão na câmara de combustão (CC), quando um estado de funcionamento do motor é um primeiro estado de operação predeterminado onde detonação precisa ser controlada no lado da válvula de admissão na câmara de combustão (CC), e

determinar que a solicitação está em efeito, e executar, como a injeção de combustível de elevação parcial, segunda injeção de combustível de elevação parcial com a quantidade de elevação parcial ajustada para uma segunda quantidade de elevação que é maior que a primeira quantidade de elevação de tal modo que borrimo de combustível seja formado no lado da válvula de escape na câmara de combustão (CC), quando o estado de funcionamento do motor é um segundo estado de operação predeterminado onde detonação precisa ser controlada no lado da válvula de escape na câmara de combustão (CC).

8. Controlador de motor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de controle (30) é configurada para aumentar o número de vezes em que a injeção de combustível de elevação parcial é executada em um momento próximo ao momento de ignição, à medida que uma razão ar-combustível de uma mistura de ar-combustível suprida para o motor

aumenta.

FIG. 1

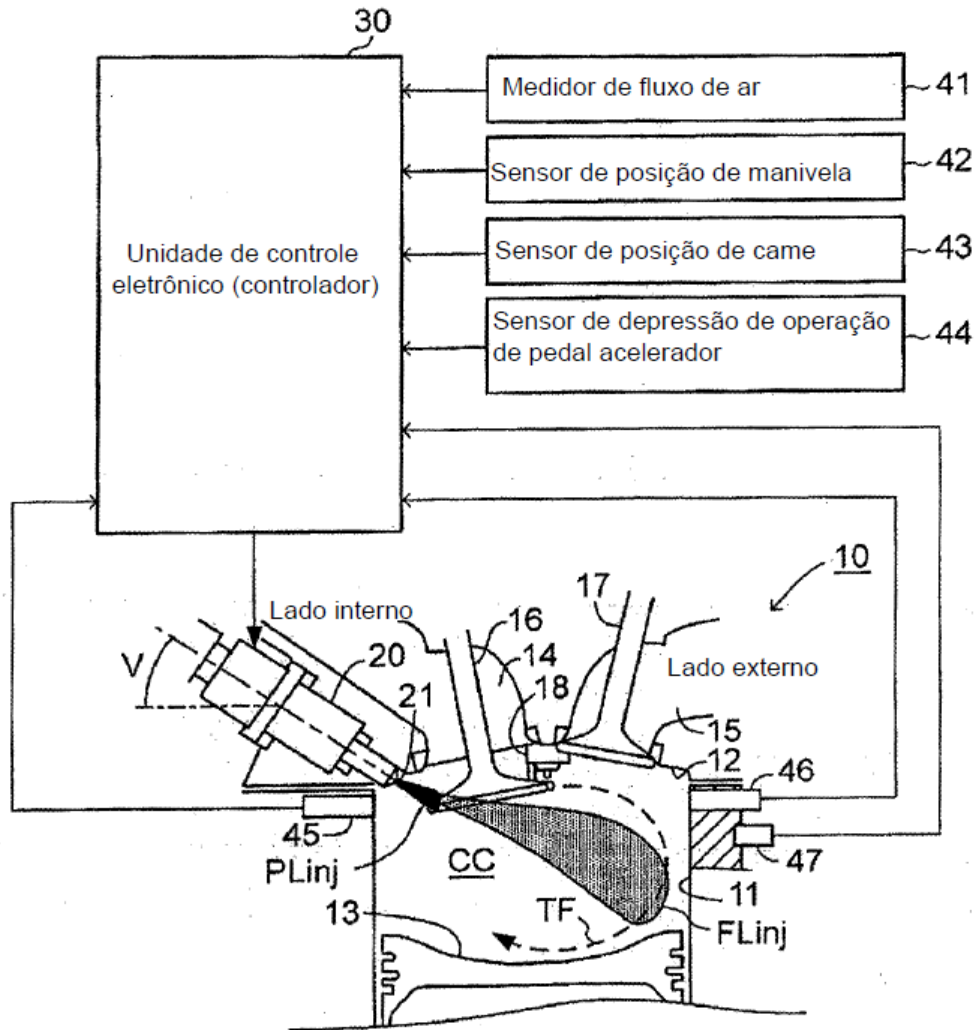




FIG. 3A

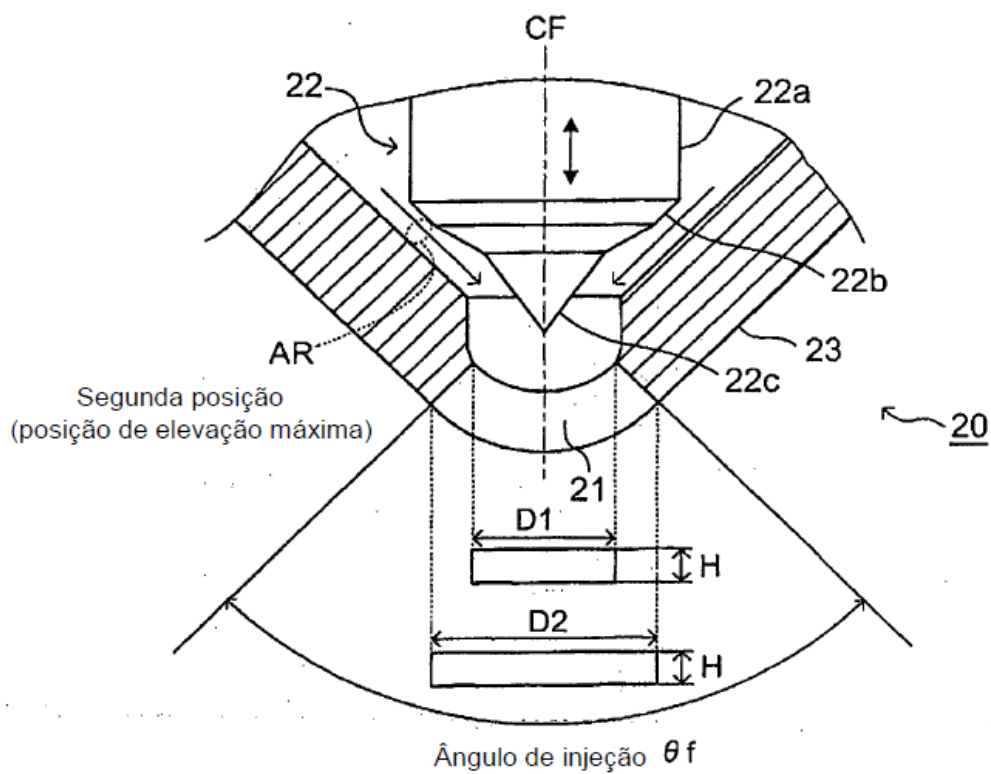


FIG. 3B

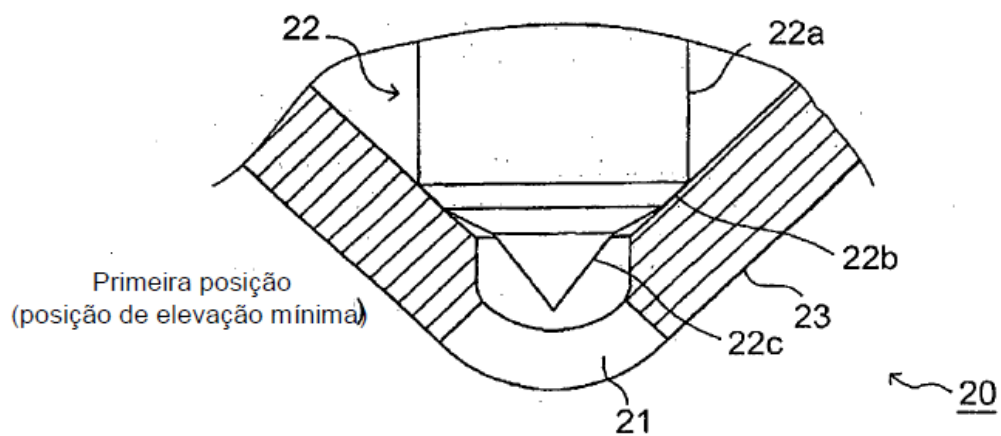


FIG. 4

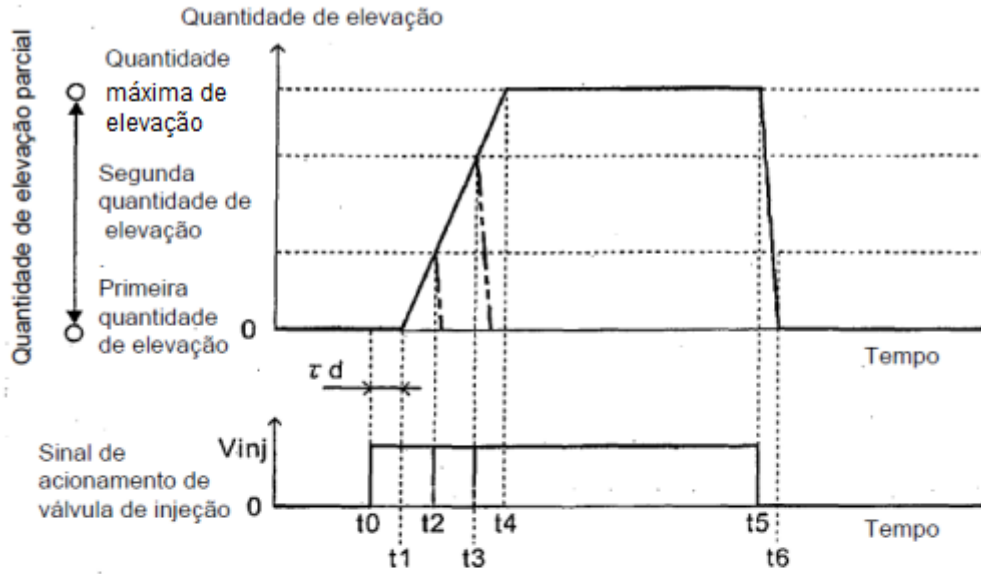


FIG. 5

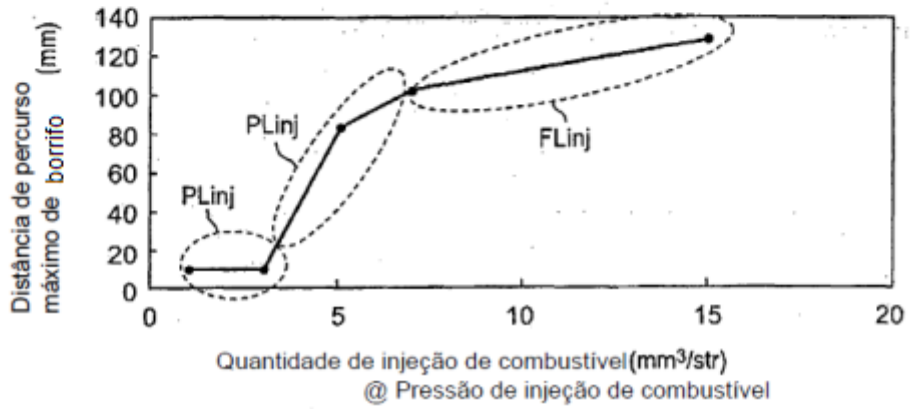


FIG. 6

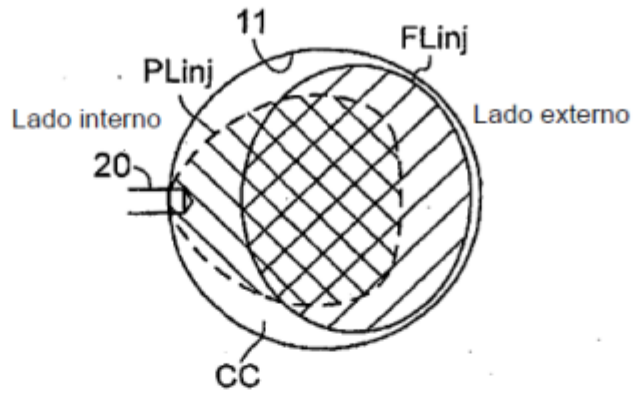


FIG. 7

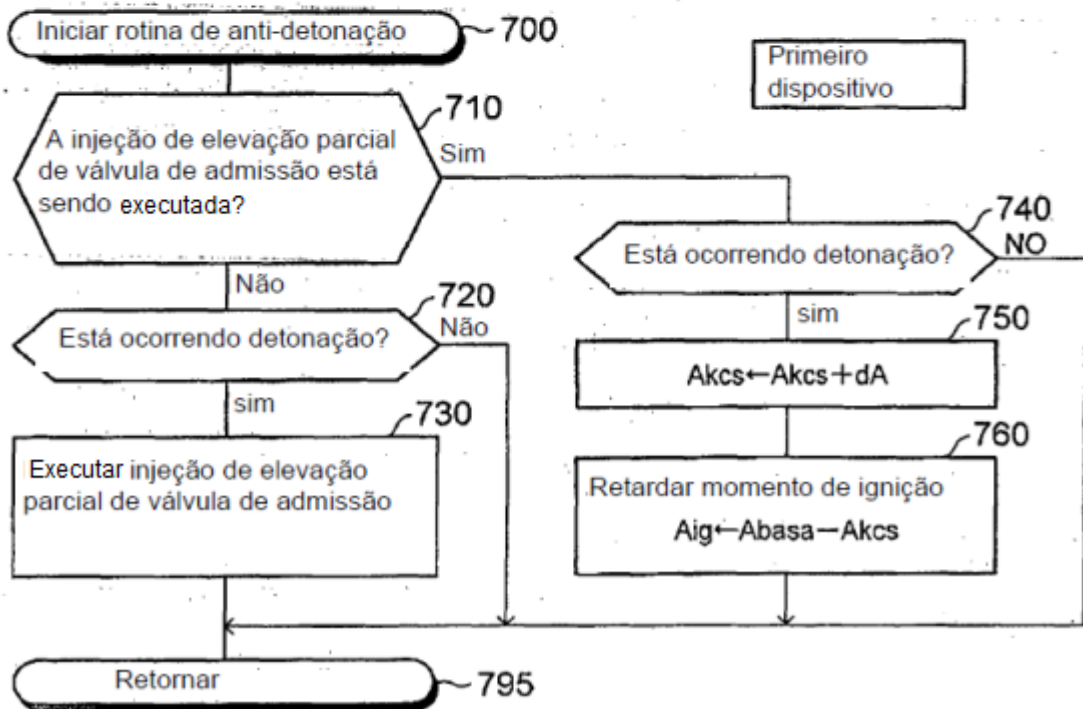


FIG. 8

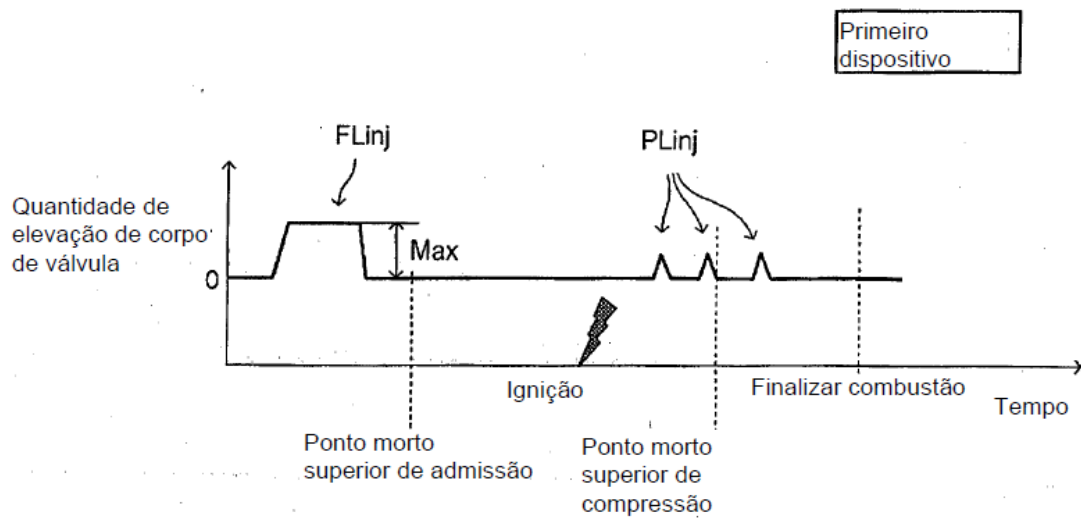


FIG. 9

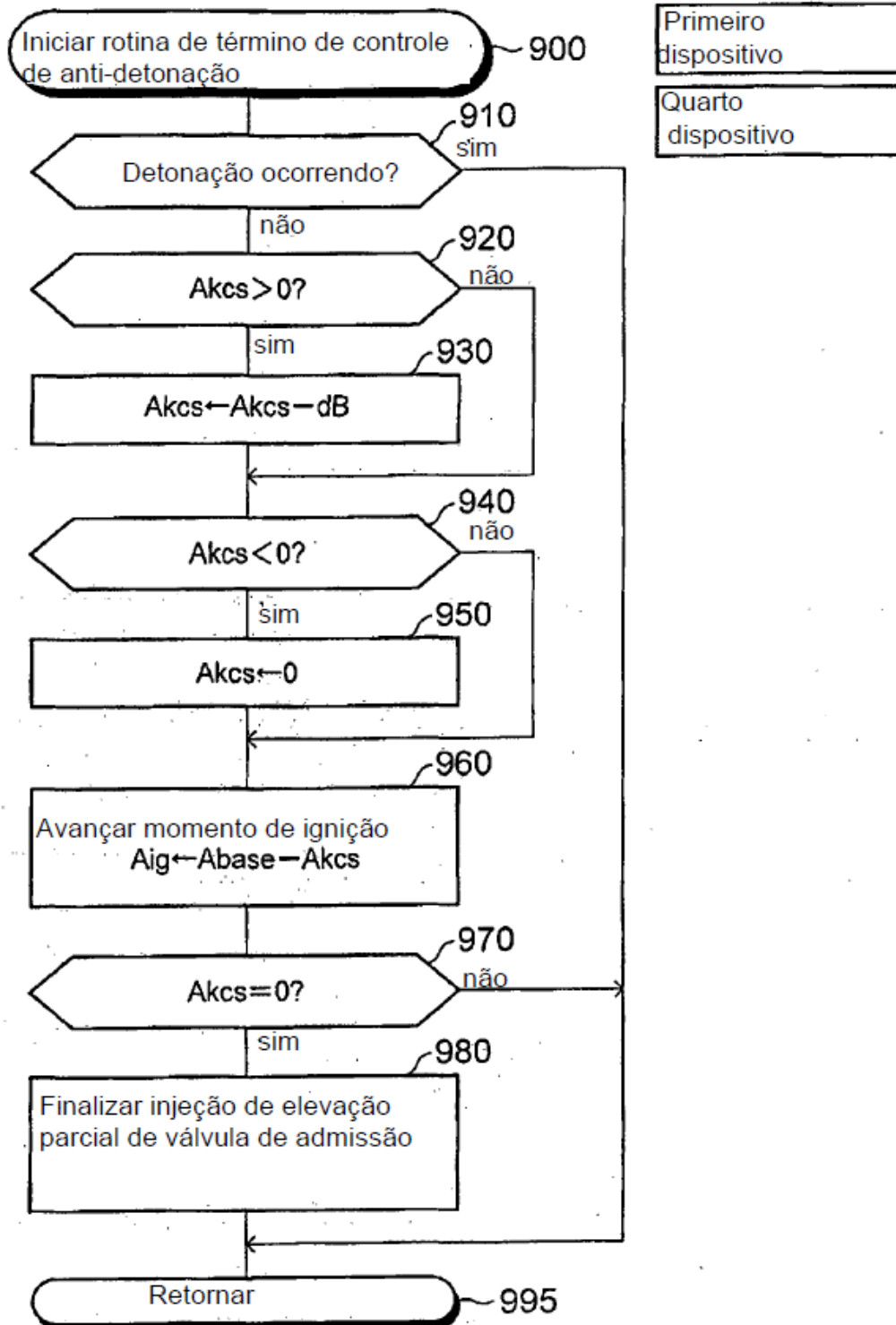
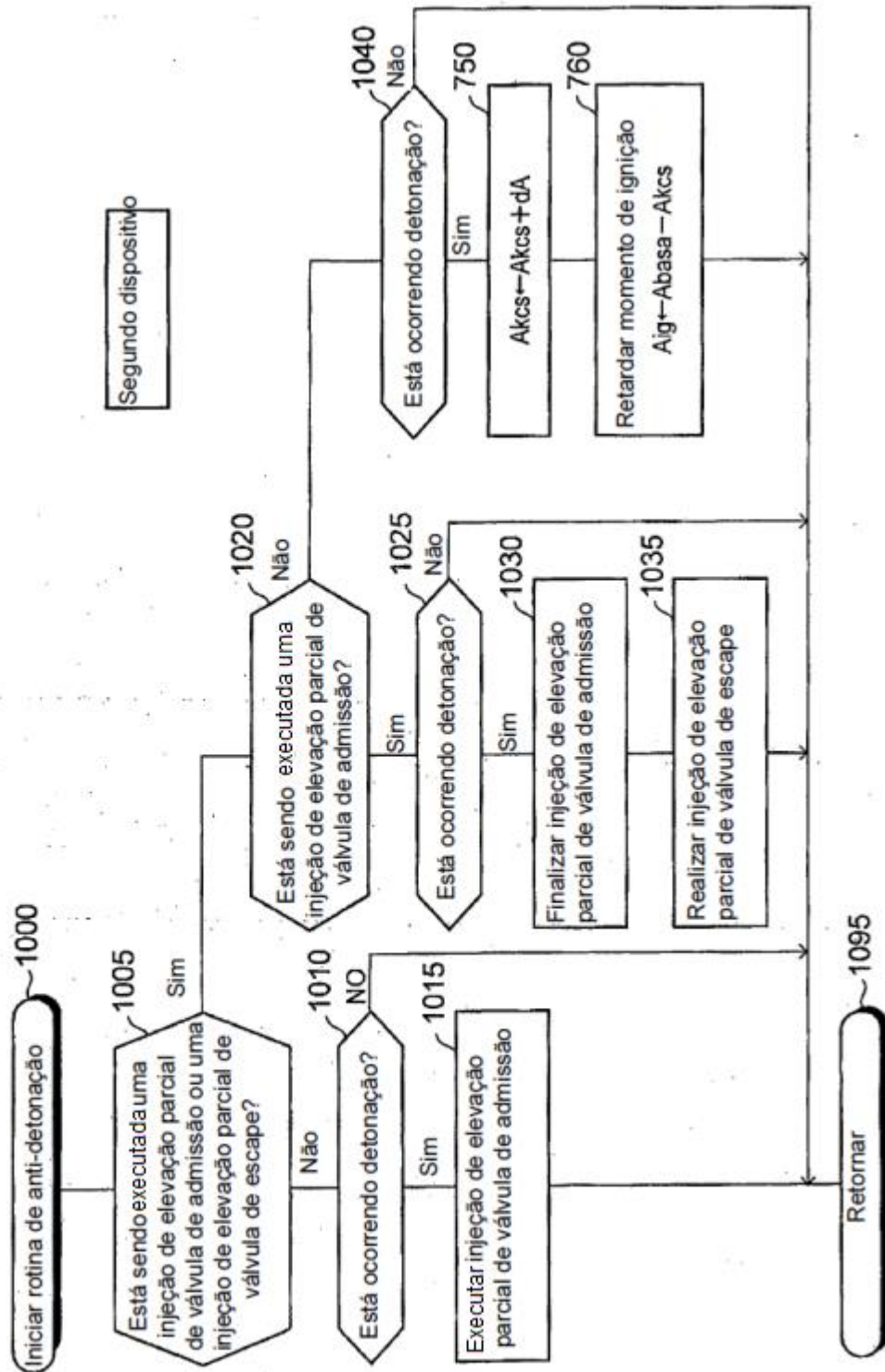


FIG. 10



Segundo dispositivo

FIG. 11

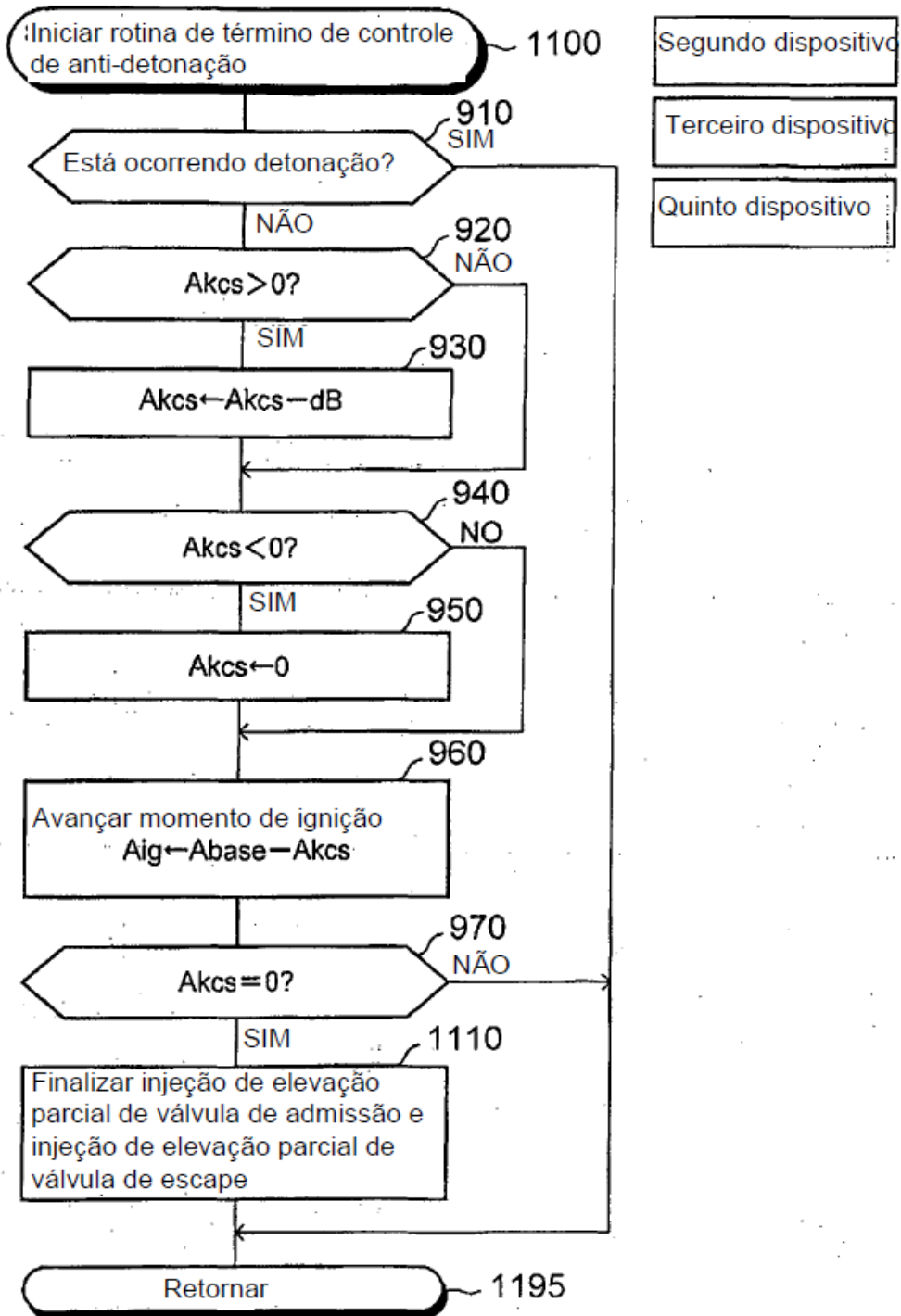
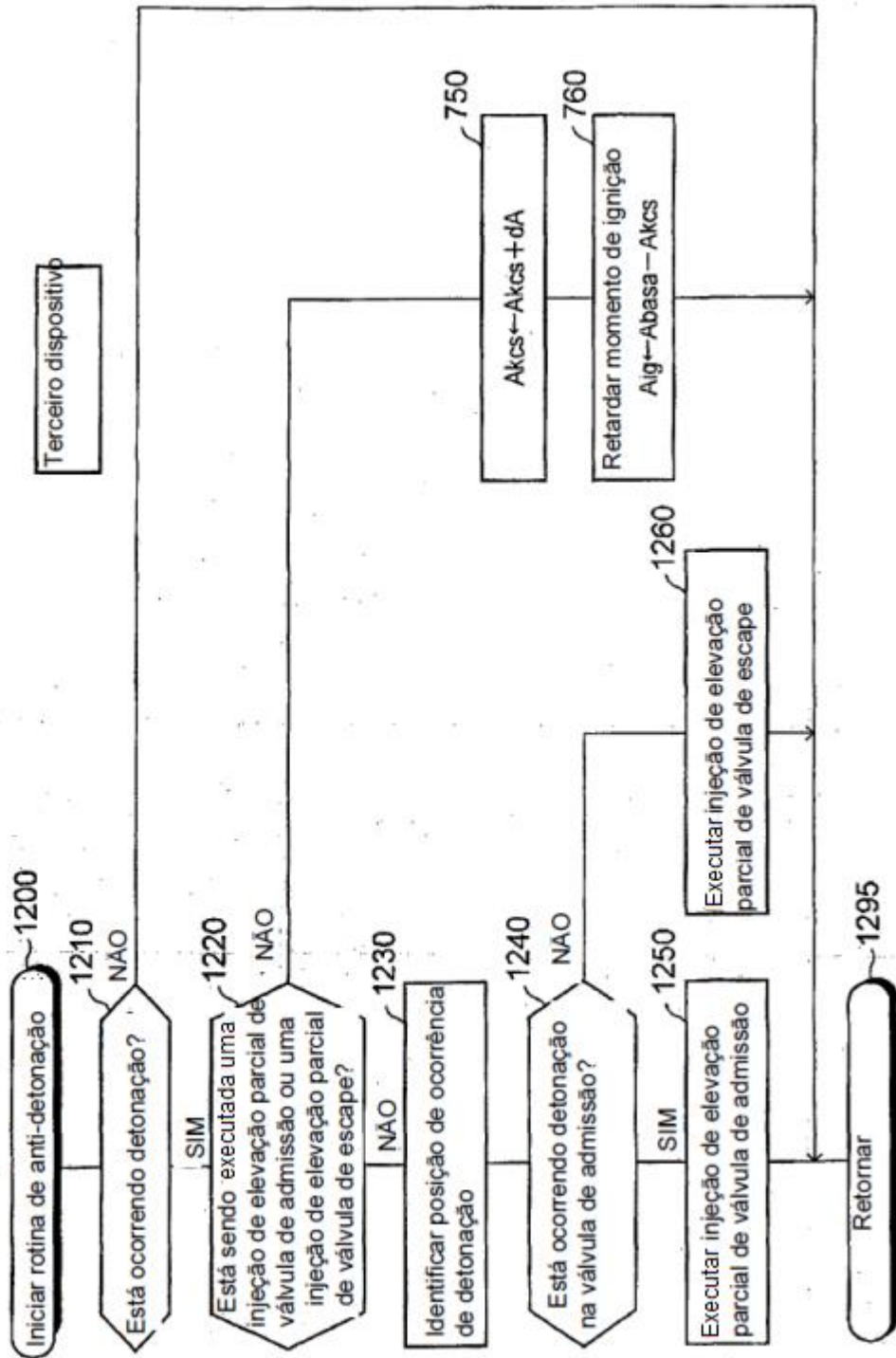


FIG. 12



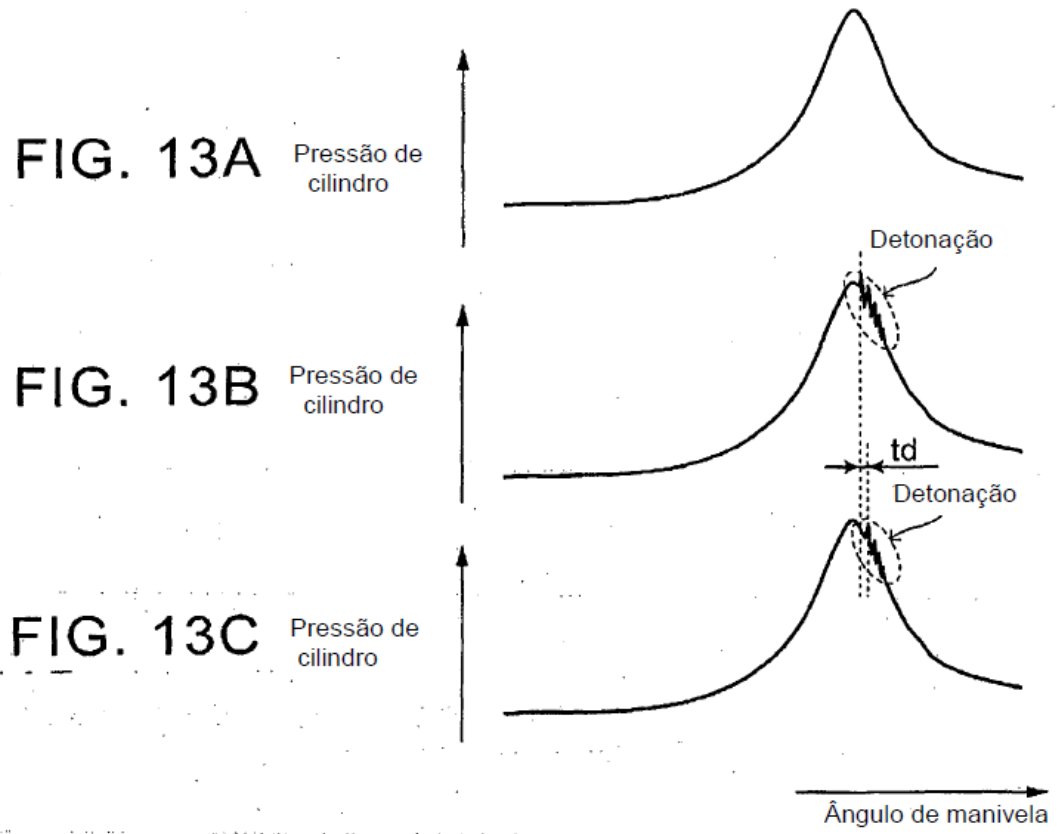


FIG. 14

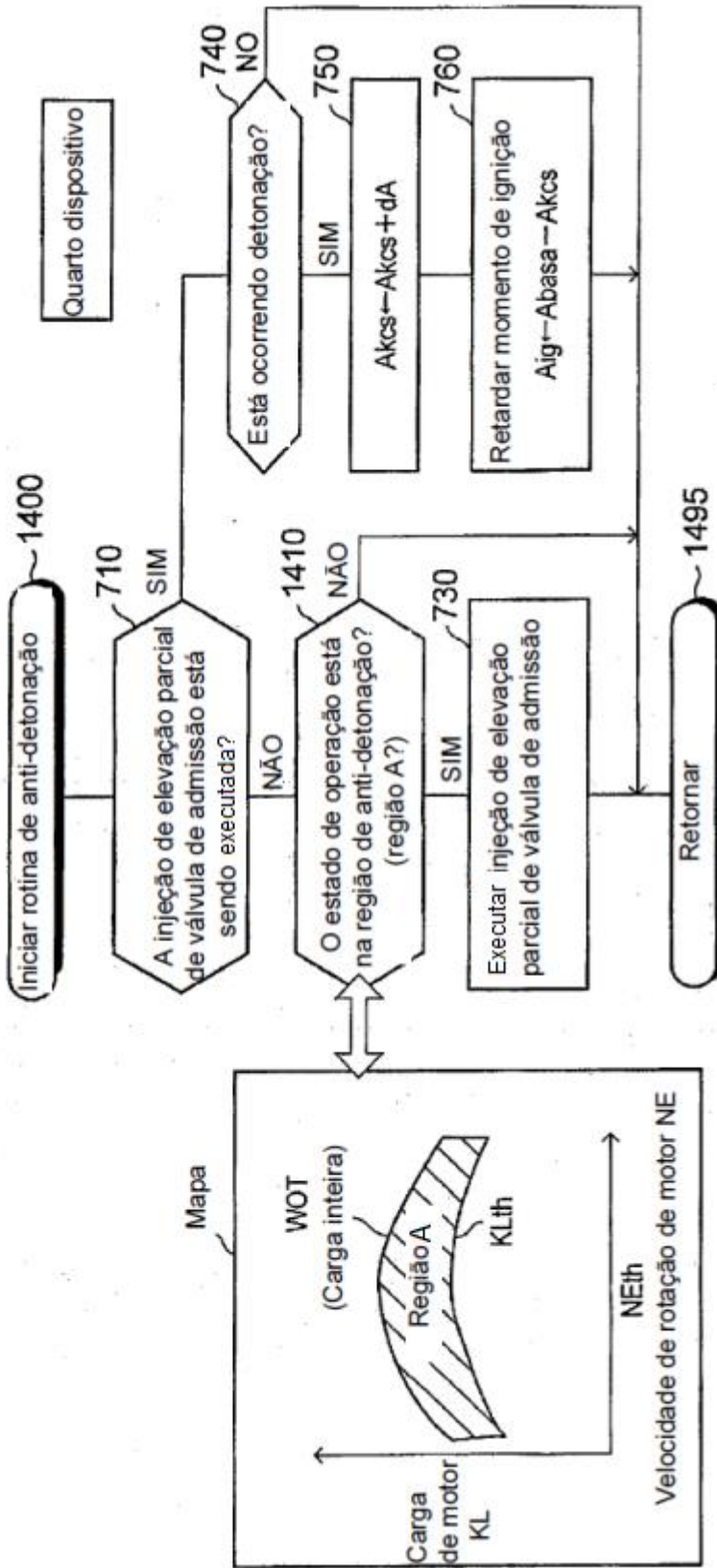


FIG. 15

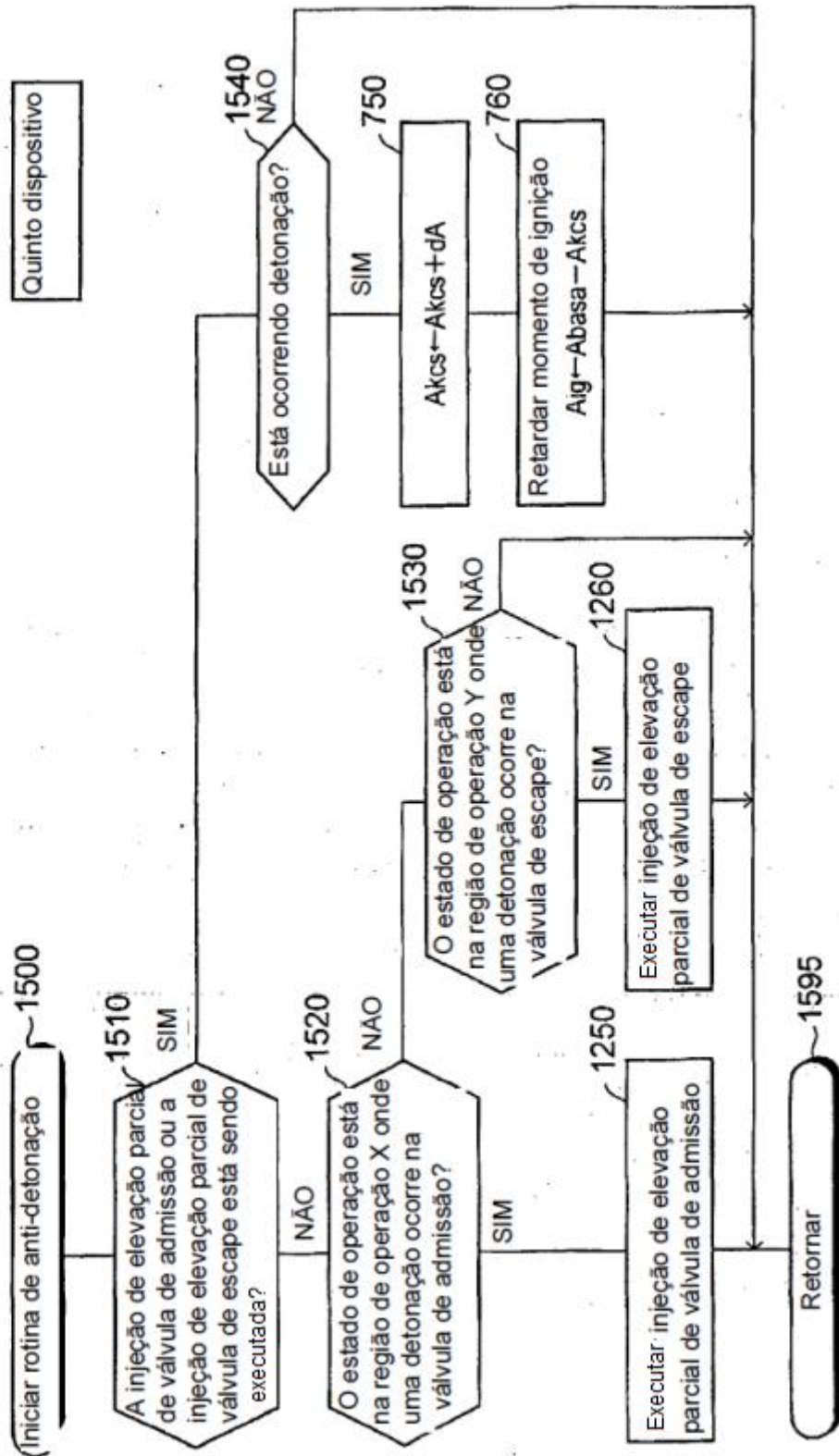


FIG. 16

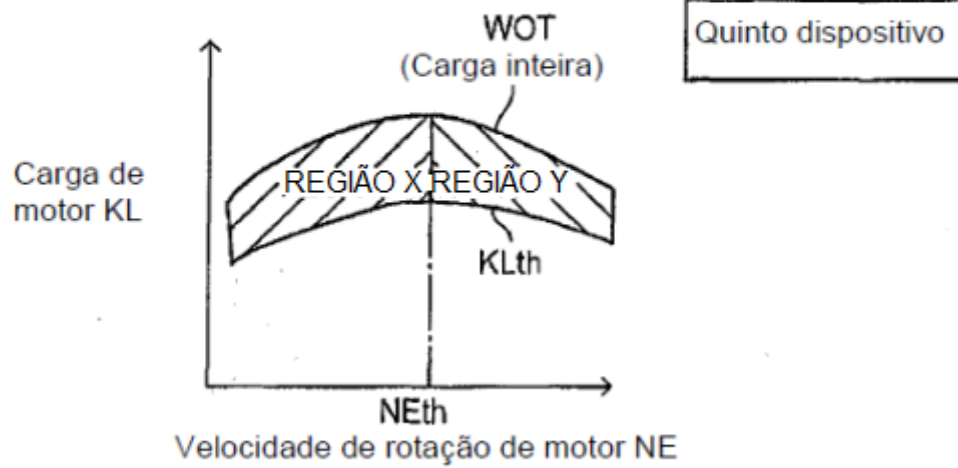


FIG. 17

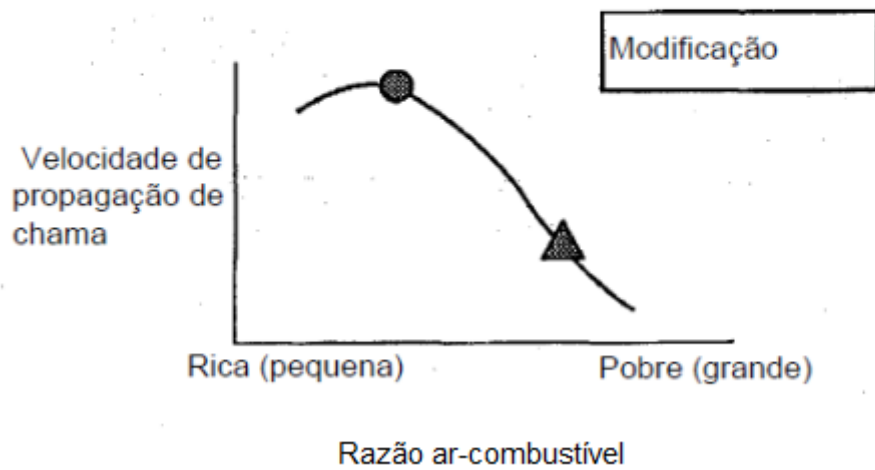


FIG. 18A

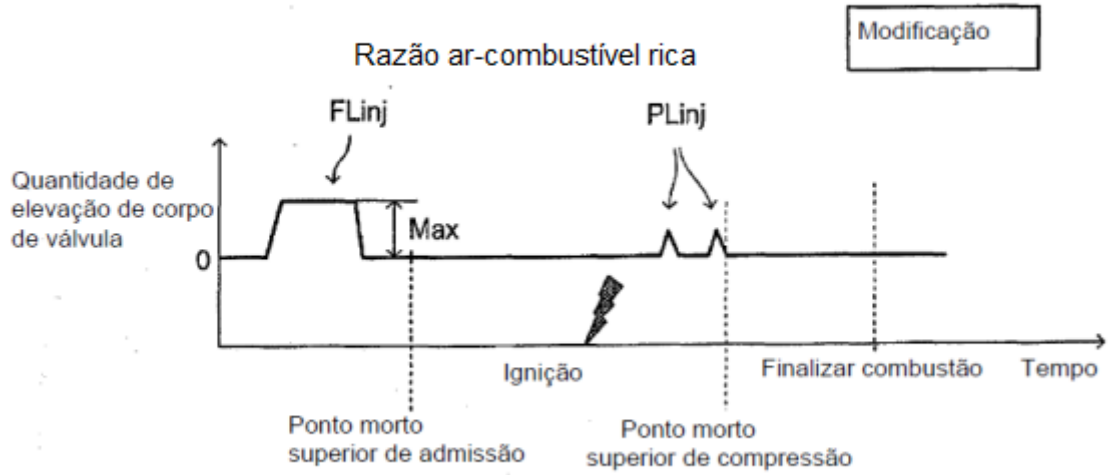


FIG. 18B

