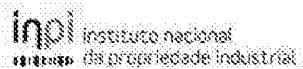


---

(11) Número de Publicação: **PT 2895930 T**



(51) Classificação Internacional:

**H05B 1/02 (2016.01) G05D 23/19 (2016.01)**  
**A24F 47/00 (2016.01)**

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

---

(22) Data de pedido: **2013.09.10**

(30) Prioridade(s): **2012.09.11 EP 12183837**

(43) Data de publicação do pedido: **2015.07.22**

(45) Data e BPI da concessão: **2016.11.02**  
**246/2016**

(73) Titular(es):

**PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A.**  
**QUAI JEANRENAUD 3 2000 NEUCHATEL CH**

(72) Inventor(es):

**PASCAL TALON** **FR**  
**ROBIN FARINE** **CH**

(74) Mandatário:

**ANTÓNIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO**  
**RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA PT**

---

(54) Epígrafe: **DISPOSITIVO E MÉTODO PARA CONTROLAR UM AQUECEDOR ELÉTRICO PARA CONTROLAR A TEMPERATURA**

(57) Resumo:

É DESCrito UM MÉTODO PARA CONTROLAR UM ELEMENTO DE AQUECIMENTO ELÉTRICO, COMPREENDENDO: MANTER A TEMPERATURA DO ELEMENTO DE AQUECIMENTO ELÉTRICO A UMA TEMPERATURA ALVO ATRAVÉS DO FORNECIMENTO DE IMPULSOS DE CORRENTE ELÉTRICA AO ELEMENTO DE AQUECIMENTO; MONITORIZAR O CICLO DE TRABALHO DOS IMPULSOS DE CORRENTE ELÉTRICA; E DETERMINAR SE O CICLO DE TRABALHO DIFERE DUM CICLO DE TRABALHO ESPERADO, OU GAMA DE CICLOS DE TRABALHO, E, SE FOR O CASO, REDUZIR A TEMPERATURA ALVO, OU PARAR O FORNECIMENTO DE CORRENTE AO ELEMENTO DE AQUECIMENTO OU LIMITAR O CICLO DE TRABALHO DOS IMPULSOS DE CORRENTE ELÉTRICA FORNECIDA AO ELEMENTO DE AQUECIMENTO. COMO A TEMPERATURA É MANTIDA A UMA TEMPERATURA ALVO CONHECIDA, QUALQUER VARIAÇÃO NO CICLO DE TRABALHO OU GAMA DE CICLOS DE TRABALHO ESPERADA PARA MANTER A TEMPERATURA ALVO É INDICATIVA DE CONDIÇÕES ANORMAIS.

## **RESUMO**

### **DISPOSITIVO E MÉTODO PARA CONTROLAR UM AQUECEDOR ELÉTRICO PARA CONTROLAR A TEMPERATURA**

É descrito um método para controlar um elemento de aquecimento elétrico, compreendendo: manter a temperatura do elemento de aquecimento elétrico a uma temperatura alvo através do fornecimento de impulsos de corrente elétrica ao elemento de aquecimento; monitorizar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica; e determinar se o ciclo de trabalho difere dum ciclo de trabalho esperado, ou gama de ciclos de trabalho, e, se for o caso, reduzir a temperatura alvo, ou parar o fornecimento de corrente ao elemento de aquecimento ou limitar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica fornecida ao elemento de aquecimento. Como a temperatura é mantida a uma temperatura alvo conhecida, qualquer variação no ciclo de trabalho ou gama de ciclos de trabalho esperada para manter a temperatura alvo é indicativa de condições anormais.

## **DESCRIÇÃO**

### **DISPOSITIVO E MÉTODO PARA CONTROLAR UM AQUECEDOR ELÉTRICO PARA CONTROLAR A TEMPERATURA**

A presente descrição refere-se a um aquecedor elétrico e um método e dispositivo para controlar o aquecedor de modo a evitar picos na temperatura. A descrição refere-se mais particularmente a um aquecedor elétrico configurado para aquecer um substrato de formação de aerossol e um método e dispositivo para evitar uma combustão indesejada do substrato de formação de aerossol. O dispositivo descrito e método é particularmente aplicável a dispositivos para fumar aquecidos eletricamente.

Os cigarros tradicionais distribuem fumo como resultado da combustão do tabaco e do invólucro, a qual ocorre a temperaturas que podem exceder 800 graus Celsius durante uma baforada. A essas temperaturas, o tabaco é termicamente degradado por pirólise e combustão. O calor da combustão liberta e gera vários produtos de combustão gasosos e destilados a partir do tabaco. Os produtos são aspirados através do cigarro e arrefecidos e condensados para formar fumo contendo os sabores e aromas associados com o ato de fumar. As temperaturas de combustão, não são, apenas, gerados os sabores e aromas mas, também, vários componentes indesejáveis.

São conhecidos os dispositivos para fumar aquecidos eletricamente que funcionam a temperaturas mais baixas. Através do aquecimento a uma temperatura mais baixa, o substrato de formação de aerossol (que, no caso dum dispositivo para fumar, é baseado em tabaco) não é sujeito a combustão e são gerados muito

menos compostos indesejáveis.

É desejável em tais dispositivos para fumar aquecidos eletricamente, e em outros dispositivos geradores de aerossol aquecidos eletricamente, assegurar, tanto quanto possível, não ocorre a combustão do substrato, mesmo em condições ambientais extremas e sob padrões de utilização extremos. É, ainda, desejável controlar a temperatura do elemento de aquecimento, ou elementos, no dispositivo para reduzir o risco de combustão, enquanto continua o aquecimento até uma temperatura suficiente para assegurar um aerossol desejável. É, também, desejável ser capaz de detetar ou prever a combustão do substrato e controlar o elemento de aquecimento em consonância.

Num aspeto da presente descrição, é fornecido um método para controlar um elemento de aquecimento elétrico compreendendo:

manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo através do fornecimento de impulsos de corrente elétrica ao elemento de aquecimento;

monitorizar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica; e

determinar se os ciclos de trabalho diferem a partir dum ciclo de trabalho esperado ou uma gama de ciclos de trabalho, e se for o caso, reduzir a temperatura alvo, ou interromper o fornecimento de corrente ao elemento de aquecimento ou limitar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica fornecidos ao elemento de aquecimento.

O elemento de aquecimento pode ser uma parte dum dispositivo gerador de aerossol, tal como, um dispositivo para

fumar aquecido eletricamente. O elemento de aquecimento pode ser configurado para a aquecer um substrato de formação de aerossol continuamente durante o funcionamento do dispositivo. Um "substrato de formação de aerossol" neste contexto é um substrato capaz de libertar, por aquecimento, compostos voláteis, que podem formar um aerossol. "Continuamente" neste contexto significa que o aquecimento não está dependente dum fluxo de ar através do dispositivo. Como os constituintes formadores do aerossol do substrato de formação de aerossol se esgotam durante o aquecimento, a energia necessária para manter uma dada temperatura alvo cai. Dependendo da evolução da temperatura alvo durante o funcionamento do elemento de aquecimento, o ciclo de trabalho pode ser limitado para reduzir o risco de ocorrer a combustão do substrato.

Como a temperatura é mantida a uma temperatura alvo conhecida, que qualquer variação no ciclo de trabalho ou gama de ciclos de trabalho esperada para manter a temperatura alvo seja indicativa de condições anormais. Por exemplo, se o ciclo de trabalho permanece muito mais baixo do que o esperado enquanto a temperatura se mantém, isso pode ser devido a uma fonte de calor externa, tal como, um substrato em combustão. Se o ciclo de trabalho permanece mais elevado do que o esperado, isso pode ser devido a um arrefecimento anormal do elemento de aquecimento, como resultado dum fluxo de ar excessivo a passar pelo aquecedor, o que num dispositivo para fumar significa baforadas intensas por parte do utilizador. Baforadas intensas podem levar a uma elevada concentração de oxigénio, o que aumenta a possibilidade de combustão indesejada do substrato de formação de aerossol.

O elemento de aquecimento pode ser um elemento de aquecimento eletricamente resistente e o passo de manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo pode compreender a determinação da resistência elétrica do elemento de aquecimento e ajustar a corrente elétrica fornecida ao elemento de aquecimento dependente da determinação da resistência elétrica. O passo de manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo pode compreender a utilização dum ciclo de controlo PID. Em alternativa, podem ser utilizados outros mecanismos para manter a temperatura, tal como, um mecanismo de controlo simples do tipo dum termostato ligado/desligado, que é menos dispendioso que um ciclo de controlo PID. Além disso, podem ser usados mecanismos para deteção de temperatura diferentes da deteção da resistência elétrica do elemento de aquecimento, tais como, tiras bimetálicas, pares termoelétricos ou um termíster dedicado ou um elemento eletricamente resistente, que é eletricamente separado do elemento de aquecimento. Estes mecanismos alternativos de deteção de temperatura podem ser usados conjuntamente, ou em vez, da determinação da temperatura através da monitorização da resistência elétrica do elemento de aquecimento. Por exemplo, pode ser usado um mecanismo de deteção de temperatura separado, num mecanismo de controlo para cortar a energia ao elemento de aquecimento quando a temperatura do elemento de aquecimento excede a temperatura alvo.

O passo de determinar se o ciclo de trabalho difere a partir dum ciclo de trabalho esperado pode compreender comparar periodicamente o ciclo de trabalho com um primeiro ciclo de trabalho limite e utilizando um ciclo de controlo de histerese para determinar um ponto de estímulo, no qual se reduz a

temperatura alvo ou se limita o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica. A utilização dum ciclo de controlo de histerese assegura que flutuações a muito curto prazo no ciclo de trabalho não estimulam uma redução na temperatura ou energia aplicada. Apenas após um período sustentado dum comportamento do ciclo de trabalho anormal é que é alcançado o ponto de estímulo.

O método pode compreender, se o ciclo de trabalho é menor do que um segundo ciclo de trabalho limite enquanto a temperatura é igual ou inferior à temperatura alvo, cortar o fornecimento de corrente elétrica ao elemento de aquecimento. Como descrito, um ciclo de trabalho muito baixo com uma temperatura sustentada é indicativo duma fonte de calor externa e pode ser o resultado da combustão do substrato adjacente a, ou circunscrevendo o elemento de aquecimento. Nesta circunstância, a energia para o elemento de aquecimento pode ser cortada para assegurar que o utilizador do dispositivo não recebe mais componentes indesejáveis.

O método pode compreender a limitação do ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica para um limite máximo do ciclo de trabalho. O limite máximo do ciclo de trabalho pode variar com base numa estratégia de controlo pré-programada. Por exemplo, o ciclo de trabalho máximo pode ser reduzido com o aumento do tempo, quer gradualmente quer continuamente, à medida que o substrato seca. O primeiro ou o segundo limite, ou ambos, podem ser proporcionais ao limite máximo do ciclo de trabalho. Por exemplo, o primeiro limite pode ser o limite máximo do ciclo de trabalho. O segundo limite pode ser uma proporção fixa do limite máximo do ciclo de trabalho ou pode ser um ciclo de trabalho fixo. Em alternativa, tanto o primeiro como o segundo

limite podem ser limites absolutos.

Num aspeto da presente descrição, é fornecido um método para controlar um elemento de aquecimento elétrico compreendendo:

um circuito de controlo conectado ao elemento de aquecimento configurado para manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo, através do fornecimento de impulsos de corrente elétrica ao elemento de aquecimento; e

um circuito de deteção configurado para monitorizar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica e se o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica diferem dum ciclo de trabalho esperado, ou duma gama de ciclos de trabalho, instruir o circuito de controlo para reduzir a temperatura alvo ou para parar o fornecimento de corrente ao elemento de aquecimento ou para limitar o ciclo de trabalho ou os impulsos de corrente elétrica.

O elemento de aquecimento pode ser um elemento de aquecimento eletricamente resistente e o circuito de controlo é configurado para manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo, através da determinação da resistência elétrica do elemento de aquecimento e ajustando a corrente elétrica fornecida ao elemento de aquecimento dependente da determinação da resistência elétrica. O circuito de controlo pode compreender um ciclo de controlo PID.

O circuito de deteção pode ser configurado para comparar periodicamente o ciclo de trabalho com um primeiro ciclo de trabalho limite e pode compreender um ciclo de controlo de histerese configurado para determinar um ponto de estímulo, no

qual se reduz a temperatura alvo ou se limita o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica.

O circuito de deteção pode ser configurado de tal modo que, se o ciclo de trabalho é menor do que um segundo ciclo de trabalho limite enquanto a temperatura é igual ou inferior à temperatura alvo, o circuito de deteção dá instruções ao circuito de controlo para cortar o fornecimento de corrente elétrica ao elemento de aquecimento.

A temperatura alvo pode ser constante ou alterar com o tempo.

O circuito de controlo pode ser configurado para limitar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica para um limite máximo do ciclo de trabalho, em que para uma dada temperatura alvo, o limite máximo do ciclo de trabalho é progressivamente reduzido com o aumento do tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento. Se a temperatura alvo é configurada para aumentar com o tempo em qualquer ponto seguinte à ativação do elemento de aquecimento, então o ciclo de trabalho máximo pode, também, aumentar. Numa forma de realização, a variável A, onde A é igual ao ciclo de trabalho máximo dividido pela temperatura alvo, é progressivamente reduzida com o aumento do tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento.

O circuito de controlo pode ser configurado para cortar o fornecimento de corrente elétrica ao elemento de aquecimento se a temperatura do elemento de aquecimento exceder um limiar de temperatura. Por exemplo, se a temperatura do elemento de aquecimento for detetada ser de 7°C ou mais acima da temperatura

alvo, o fornecimento de energia pode ser cortado. na medida em que, o risco de combustão seria, de outro modo, demasiado elevado.

O dispositivo pode ser um dispositivo gerador de aerossol compreendendo um aquecedor elétrico, tal como um dispositivo para fumar aquecido eletricamente. O elemento de aquecimento pode ser configurado para a aquecer um substrato de formação de aerossol continuamente durante o funcionamento do dispositivo.

O dispositivo gerador de aerossol pode ser configurado para receber um substrato de formação de aerossol, e, em que o ciclo de trabalho esperado ou gama de ciclos de trabalho, é configurável dependendo duma característica do substrato de formação de aerossol.

Noutro aspeto da descrição, é fornecido um sistema gerador de aerossol, compreendendo:

um dispositivo gerador de aerossol compreendendo um elemento de aquecimento, e um artigo gerador de aerossol compreendendo um substrato de formação de aerossol, em que o aquecedor é configurado para aquecer o substrato de formação de aerossol para gerar um aerossol, e, em que o dispositivo gerador de aerossol compreende: um circuito de controlo conectado ao elemento de aquecimento, configurado para manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo através do fornecimento de impulsos de corrente elétrica ao elemento de aquecimento.

um circuito de deteção configurado para monitorizar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica e se o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica diferem dum ciclo de

trabalho esperado, ou duma gama de ciclos de trabalho, instruir o circuito de controlo para reduzir a temperatura alvo ou para parar o fornecimento de corrente ao elemento de aquecimento ou para limitar o ciclo de trabalho ou os impulsos de corrente elétrica.

O dispositivo gerador de aerossol pode ser configurado, de modo a que, o ciclo de trabalho esperado, ou gama de ciclos de trabalho, seja dependente duma característica do substrato de formação de aerossol. O artigo gerador de aerossol pode incluir meios para permitir que a característica seja determinada através do dispositivo gerador de aerossol, tal como, um componente eletricamente resistente, indicações oticamente detetáveis ou uma forma característica ou dimensão. Substratos diferentes podem entrar em combustão sob condições diferentes e podem conter quantidades diferentes de formador de aerossol ou líquido, e podem estar em risco de combustão a temperaturas e tempos diferentes.

Num outro aspeto da descrição, é fornecido um método para controlar um elemento de aquecimento elétrico compreendendo:

manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo, durante uma pluralidade de fases de aquecimento, através do fornecimento de corrente elétrica ao elemento de aquecimento;

limitar a energia fornecida ao elemento de aquecimento durante cada fase de aquecimento a um nível limite de energia, de tal modo que, a variável B, onde B é igual ao nível de energia limite dividido pela temperatura alvo, é progressivamente reduzida com o aumento do tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento.

O elemento de aquecimento pode ser uma parte dum dispositivo gerador de aerossol, tal como, um dispositivo para fumar aquecido eletricamente. O elemento de aquecimento pode ser configurado para a aquecer um substrato de formação de aerossol continuamente durante o funcionamento do dispositivo. "Continuamente" neste contexto significa que o aquecimento não está dependente dum fluxo de ar através do dispositivo. Como os constituintes formadores do aerossol do substrato de formação de aerossol se esgotam durante o aquecimento, a energia necessária para manter uma dada temperatura alvo cai. A temperatura alvo do elemento de aquecimento pode variar durante o funcionamento do elemento de aquecimento e o ciclo de trabalho pode ser limitado correspondentemente, para reduzir o risco de ocorrer a combustão do substrato. Se a temperatura alvo é configurada para aumentar com o tempo em qualquer ponto seguinte à ativação do elemento de aquecimento, então o ciclo de trabalho máximo pode, também, aumentar.

O passo de manutenção pode compreender o fornecimento de energia como impulsos de corrente elétrica, e o passo de limitação da energia fornecida pode compreender limitar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica abaixo dum ciclo de trabalho limite, sendo o ciclo de trabalho limite dividido pela temperatura alvo progressivamente reduzido para cada fase de aquecimento sucessiva seguinte à ativação do elemento de aquecimento.

Em alternativa, ou adicionalmente, o passo de limitar a energia fornecida pode compreender limitar a tensão aplicada ao elemento de aquecimento para baixo duma tensão limite.

Num outro aspeto da descrição, é fornecido um dispositivo para controlar um elemento de aquecimento elétrico compreendendo:

um circuito de controlo acoplado a um elemento de aquecimento, o circuito de controlo configurado para manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo durante uma pluralidade de fases de aquecimento através do fornecimento de energia elétrica ao elemento de aquecimento, e limitar a energia fornecida ao elemento de aquecimento durante cada fase de aquecimento a um nível de energia limite, de tal modo que, a variável  $B$ , onde  $B$  é igual ao nível de energia limite dividido pela temperatura alvo, é progressivamente reduzida com o aumento do tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento.

O circuito de controlo pode ser configurado para fornecer energia como impulsos de corrente elétrica, e para limitar a energia fornecida ao elemento de aquecimento através da limitação do ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica abaixo dum ciclo de trabalho limite, sendo o ciclo de trabalho limite dividido pela temperatura alvo progressivamente reduzido para cada fase de aquecimento sucessiva seguinte à ativação do elemento de aquecimento.

O dispositivo pode ser um dispositivo gerador de aerossol compreendendo um elemento de aquecimento, tal como, um dispositivo para fumar aquecido eletricamente.

O dispositivo gerador de aerossol pode ser configurado para receber um substrato de formação de aerossol, e a duração das

fases de aquecimento e do ciclo de trabalho limite para cada fase de aquecimento pode ser configurável, dependendo dum impulso do utilizador para o circuito de controlo ou dependente duma característica detetada do substrato de formação de aerossol ou dependente dum parâmetro ambiental detetado. Assim, um substrato particular pode necessitar dum perfil de aquecimento diferente a fim de dar os resultados desejáveis e diferentes utilizadores podem preferir perfis de aquecimento diferentes.

Noutro aspeto da descrição, é fornecido um sistema gerador de aerossol, compreendendo:

um dispositivo gerador de aerossol compreendendo um elemento de aquecimento, e um artigo gerador de aerossol compreendendo um substrato de formação de aerossol, em que o aquecedor é configurado para aquecer o substrato de formação de aerossol para gerar um aerossol e, em que o dispositivo gerador de aerossol compreende: um circuito de controlo acoplado ao elemento de aquecimento, o circuito de controlo configurado para manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo durante uma pluralidade de fases de aquecimento através do fornecimento de energia elétrica ao elemento de aquecimento, e limitar a energia fornecida ao elemento de aquecimento durante cada fase de aquecimento a um nível de energia limite, de tal modo que, a variável B, onde B é igual ao nível de energia limite dividido pela temperatura alvo, é progressivamente reduzida com o aumento do tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento.

O dispositivo gerador de aerossol pode ser configurado, de modo a que, o ciclo de trabalho limite seja dependente duma

característica do substrato de formação de aerossol. O artigo gerador de aerossol pode incluir meios para permitir que a característica seja determinada através do dispositivo gerador de aerossol, tal como, um componente eletricamente resistente, indicações oticamente detetáveis ou uma forma característica ou dimensão. Substratos diferentes podem entrar em combustão sob condições diferentes e podem conter quantidades diferentes de formador de aerossol ou líquido, e podem estar em risco de combustão a temperaturas e tempos diferentes.

O controlo do elemento de aquecimento, tal como descrito em qualquer dos aspetos precedentes da descrição, pode ser implementado num programa de computador o qual, quando corrido num circuito elétrico programável para um dispositivo gerador de aerossol operado eletricamente, leva o circuito elétrico programável a realizar o método de controlo. O programa de computador pode ser fornecido num meio de armazenamento legível por computador.

Noutro aspetto da descrição, é fornecido um dispositivo gerador de aerossol compreendendo:

um elemento de aquecimento elétrico;

um circuito de deteção configurado para detetar a temperatura do elemento de aquecimento; e

um circuito de controlo acoplado ao elemento de aquecimento e um circuito de deteção, em que o circuito de controlo é configurado para controlar o fornecimento de energia ao elemento de aquecimento a partir duma fonte de alimentação, e, em que o circuito de controlo é configurado para impedir o fornecimento de energia ao elemento de aquecimento, a partir da fonte de alimentação, se o circuito de deteção detetar que a temperatura

do elemento de aquecimento está acima da temperatura limite.

A temperatura limite pode variar com o tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento. O dispositivo gerador de aerossol pode ser um dispositivo para fumar aquecido eletricamente.

Em, ainda, outro aspeto da descrição, é fornecido um sistema gerador de aerossol, compreendendo:

um dispositivo gerador de aerossol compreendendo um elemento de aquecimento, e um artigo gerador de aerossol compreendendo um substrato de formação de aerossol, em que o aquecedor é configurado para aquecer o substrato de formação de aerossol para gerar um aerossol, e, em que o dispositivo gerador de aerossol compreende: um circuito de deteção configurado para detetar a temperatura do elemento de aquecimento; e um circuito de controlo acoplado ao elemento de aquecimento e ao configurar, em que o circuito de controlo é configurado para fornecer energia ao elemento de aquecimento a partir duma fonte de alimentação, e, em que o circuito de controlo é configurado para impedir o fornecimento de energia ao elemento de aquecimento a partir da fonte de alimentação, se o circuito de deteção detetar que a temperatura do elemento de aquecimento está acima dum temperatura limite.

Em todos os aspetos da descrição, o elemento de aquecimento pode compreender um material eletricamente resistente. Materiais eletricamente resistentes adequados incluem, mas não estão limitados a, semicondutores, tais como cerâmicas contaminantes, cerâmicas eletricamente "condutoras" (tais como, por exemplo, disiliceto de molibdénio), carvão, grafite, metais, ligas metálicas e materiais compósitos feitos de material cerâmico ou

material metálico. Tais materiais compósitos podem compreender ou não cerâmicas contaminantes. Exemplos de cerâmicas contaminantes adequadas incluem carbeto de silício contaminante. Exemplos de outros metais adequados incluem titânio, zircónio, tântalo, platina, ouro e prata. Exemplos de ligas metálicas adequadas incluem aço inoxidável, ligas contendo níquel, cobalto, crómio, alumínio, titânio, zircónio, hafnio, nióbio, molibdénio, tântalo, tungsténio, estanho, gálio, manganésio, ouro e ferro, e superligas baseadas em níquel, ferro, cobalto, aço inoxidável, Timetal® e ligas baseadas em ferro-manganésio-alumínio. Em materiais compósitos, o material eletricamente resistente pode, opcionalmente, ser embebido, encapsulado ou revestido com um material isolante ou vice-versa, dependendo da cinética de transferência de energia e das propriedades físico-químicas externas necessárias.

Como descrito, em qualquer dos aspetos da descrição, o elemento de aquecimento pode fazer parte dum dispositivo gerador de aerossol. O dispositivo gerador de aerossol pode compreender um elemento de aquecimento interno ou um elemento de aquecimento externo, ou ambos, um elemento de aquecimento interno e externo, em que "interno" e "externo" se refere ao substrato de formação de aerossol. Um elemento de aquecimento interno pode tomar qualquer forma adequada. Por exemplo, o elemento de aquecimento pode tomar a forma duma lâmina de aquecimento. Em alternativa, o aquecedor interno pode tomar a forma duma cobertura ou dum substrato tendo porções electro condutoras diferentes, ou um tubo metálico eletricamente resistente. Em alternativa, o elemento de aquecimento interno pode ter uma, ou mais, agulhas de aquecimento ou hastas que giram através do centro do substrato de formação de aerossol. Outras alternativas incluem

um fio aquecido ou filamento, por exemplo, Ni-Cr (níquel-crómio), platina, tungsténio ou um fio de liga, ou uma placa aquecida. Opcionalmente, o elemento de aquecimento interno pode ser depositado em, ou num material transportador rígido. Numa tal forma de realização, o elemento de aquecimento eletricamente resistente pode ser formado usando um metal tendo uma relação definida entre a temperatura e a resistência. Num tal dispositivo exemplar, o metal pode ser formado como uma pista dum material isolante adequado, tal como um material cerâmico, e depois encaixado noutro material isolante, tal como vidro. Aquecedores formados desta maneira podem ser usados tanto para aquecer como para monitorizar a temperatura do elemento de aquecimento, durante o funcionamento.

Um elemento de aquecimento externo pode tomar qualquer forma adequada. Por exemplo, um elemento de aquecimento externo pode tomar a forma duma, ou mais folhas de aquecimento flexíveis num substrato dielétrico, tal como poliamida. As folhas de aquecimento flexíveis podem ser formadas para se conformarem com o perímetro da cavidade recetora do substrato. Em alternativa, um elemento de aquecimento externo pode tomar a forma duma grelha metálica ou grelhas, uma placa de circuito impresso flexível, um dispositivo interconectado moldado (MID), um aquecedor cerâmico, um aquecedor de fibra de carbono flexível ou pode ser formado usando uma técnica de revestimento, tal como deposição de vapor de plasma, num substrato adequadamente formado. Um elemento de aquecimento externo pode, também, ser formado usando um metal, tendo uma relação definida entre a temperatura e a resistência. Em tal dispositivo exemplar, o metal pode ser formado como uma pista entre duas camadas de materiais isolantes adequados. Um elemento de aquecimento

externo formado desta maneira pode ser usado tanto para aquecer como para monitorizar a temperatura do elemento de aquecimento externo, durante o funcionamento.

O elemento de aquecimento interno ou externo pode compreender um tanque de aquecimento, ou um reservatório de aquecimento compreendendo um material capaz de absorver e armazenar calor e, subsequentemente, libertar o calor ao longo do tempo para o substrato de formação de aerossol. O tanque aquecido pode ser formado por qualquer material adequado, tal como qualquer metal adequado ou material cerâmico. Numa forma de realização, o material tem uma elevada capacidade de aquecimento (material de armazenamento sensível ao calor), ou é um material capaz de absorver e, subsequentemente, fornecer calor através dum processo reversível, tal como uma mudança de fase de alta temperatura. Materiais de armazenamento sensíveis ao calor adequados incluem sílica gel, alumina, carbono, tecido de vidro, fibra de vidro, minerais, um metal ou liga metálica, tal como alumínio, prata ou chumbo, e um material celulósico, tal como, papel. Outros materiais adequados os quais libertam calor através duma mudança de fase reversível incluem parafina, acetato de sódio, naftaleno, cera, óxido de polietileno, um metal, um sal de metal, uma mistura de sais eutécticos ou uma liga. O tanque de aquecimento ou reservatório de aquecimento pode estar disposto, de modo a que esteja diretamente em contacto com o substrato de formação de aerossol e possa transferir o calor armazenado diretamente para o substrato. Em alternativa, o calor armazenado no tanque aquecido ou reservatório aquecido pode ser transferido para o substrato de formação de aerossol, por meio dum condutor de calor, tal como um tubo metálico.

O elemento de aquecimento aquece, vantajosamente, o substrato de formação de aerossol por meio de condução. O elemento de aquecimento pode estar, pelo menos, parcialmente em contacto com o substrato, ou o transportador em que o substrato é depositado. Alternativamente, o calor tanto do elemento de aquecimento interno como externo pode ser conduzido para o substrato por meio de um elemento condutor de calor.

Durante a operação, o substrato de formação de aerossol pode estar completamente contido dentro do dispositivo gerador de aerossol. Nesse caso, um utilizador pode dar uma fumada num bocal do dispositivo gerador de aerossol. Em alternativa, durante o funcionamento, um artigo para fumar, contendo o substrato de formação de aerossol, pode estar parcialmente contido dentro do dispositivo gerador de aerossol. Neste caso, o utilizador pode dar uma baforada diretamente no artigo para fumar.

O artigo para fumar pode ser substancialmente de forma cilíndrica. O artigo para fumar pode ser substancialmente alongado. O artigo para fumar pode ter um comprimento e uma circunferência substancialmente perpendicular ao comprimento. O substrato de formação de aerossol pode ser, substancialmente, cilíndrico. O substrato de formação de aerossol pode ser, substancialmente, alongado. O substrato de formação de aerossol pode, também, ter um comprimento e uma circunferência, substancialmente, perpendicular ao comprimento.

O artigo para fumar pode ter um comprimento total entre aproximadamente 30 mm e aproximadamente 100 mm. O artigo para fumar pode ter um diâmetro externo entre aproximadamente 5 mm e

aproximadamente 12 mm. O artigo para fumar pode compreender um rolo de filtro. O rolo de filtro pode ser localizado na extremidade a jusante do artigo para fumar. O rolo de filtro pode ser um tampão de filtro de acetato de celulose. O rolo de filtro tem aproximadamente 7 mm de comprimento, mas pode ter um comprimento de entre aproximadamente 5 mm a aproximadamente 10 mm.

Numa forma de realização, o artigo para fumar tem um comprimento total de aproximadamente 45 mm. O artigo para fumar pode ter um diâmetro externo de aproximadamente 7,2 mm. Além disso, o substrato de formação de aerossol pode ter um comprimento de aproximadamente 10 mm. Em alternativa, o substrato de formação de aerossol pode ter um comprimento de aproximadamente 12 mm. Além disso, o diâmetro do substrato de formação de aerossol pode ser entre aproximadamente 5 mm e aproximadamente 12 mm. O artigo para fumar pode compreender um invólucro exterior de papel. Além disso, o artigo para fumar pode compreender uma separação entre o substrato de formação de aerossol e o rolo de filtro. A separação pode ser aproximadamente 18 mm, mas pode estar no intervalo de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 25 mm.

O substrato de formação de aerossol pode ser um substrato de formação de aerossol sólido. Em alternativa, o substrato de formação de aerossol pode compreender componentes sólidos e líquidos. O substrato de formação de aerossol pode compreender um material contendo tabaco, o qual contém compostos voláteis de aroma de tabaco, que são libertados a partir do substrato após o aquecimento. Em alternativa, o substrato de formação de aerossol pode compreender um material sem tabaco. O substrato de formação

de aerossol pode compreender, ainda, um formador de aerossol. Exemplos de formadores de aerossol adequados são a glicerina e o propileno glicol.

Se o substrato de formação de aerossol é um substrato de formação de aerossol sólido, o substrato de formação de aerossol pode compreender, por exemplo, um ou mais de: pós, grânulos, partículas, pedaços, fios, tiras ou folhas, que contêm um ou mais dos seguintes: folha herbácea, folhas de tabaco, lascas de tabaco, tabaco reconstituído, tabaco homogeneizado, tabaco extrudido, tabaco em pasta e tabaco expandido. O substrato de formação de aerossol sólido pode estar na forma livre, ou pode ser fornecido num recipiente ou cartucho adequado. Opcionalmente, o substrato de formação de aerossol sólido pode conter compostos de aroma de tabaco voláteis adicionais ou compostos de aroma voláteis não derivados do tabaco, para serem libertados mediante o aquecimento do substrato. O substrato de formação de aerossol sólido pode, também, cápsulas que, por exemplo, incluem compostos aromáticos voláteis adicionais de tabaco ou não e tais cápsulas podem fundir durante o aquecimento do substrato de formação de aerossol sólido.

Opcionalmente, o substrato de formação de aerossol sólido pode ser fornecido a ou incorporado num transportador termicamente estável. O transportador pode tomar a forma de pó, grânulos, pastilhas, pedaços, esparguete, tiras ou folhas. Em alternativa, o transportador pode ser um transportador tubular tendo uma fina camada do substrato sólido depositado na sua superfície interior, ou na sua superfície exterior, ou em ambas as suas superfícies interior e exterior. Um tal transportador tubular pode ser formado de, por exemplo, um papel, ou material

semelhante a papel, um tapete de fibra de carbono não tecida, uma tela metálica de malha aberta de baixa densidade, ou uma folha metálica perfurada ou qualquer outra matriz de polímero termicamente estável.

O substrato de formação de aerossol sólido pode ser depositado sobre a superfície do transportador na forma de, por exemplo, uma folha, espuma, gel ou pasta. O substrato de formação de aerossol sólido pode ser depositado sobre toda a superfície do transportador, ou, alternativamente, pode ser depositado num padrão, de modo a proporcionar uma libertação de aroma não uniforme durante a utilização.

Embora seja feita referência acima a um substrato de formação de aerossol sólido, será evidente para um perito na técnica, que podem ser usadas outras formas de substrato de formação de aerossol, com outras formas de realização. Por exemplo, o substrato de formação de aerossol pode ser um substrato líquido de formação de aerossol. Se é fornecido um substrato líquido de formação de aerossol, o dispositivo gerador de aerossol compreende, preferencialmente, meios para reter o líquido. Por exemplo, o substrato líquido de formação de aerossol pode ser retido num recipiente. Em alternativa, ou adicionalmente, o substrato líquido de formação de aerossol pode ser absorvido num material transportador poroso. O material transportador poroso pode ser feito de qualquer tampão ou corpo absorvente adequado, por exemplo, um metal espumoso ou material plástico, polipropileno, terylene, fibras de nylon ou cerâmica. O substrato líquido de formação de aerossol pode ser retido no material transportador poroso antes da utilização do dispositivo gerador de aerossol ou, em alternativa, o material do substrato

líquido de formação de aerossol pode ser libertado no material transportador poroso durante, ou imediatamente antes da utilização. Por exemplo, o substrato líquido de formação de aerossol pode ser fornecido numa cápsula. A concha da cápsula, preferencialmente, derrete quando aquecida e liberta o substrato líquido de formação de aerossol no material transportador poroso. A cápsula pode, opcionalmente, conter um sólido em combinação com o líquido.

Alternativamente, o transportador pode ser um tecido não-tecido ou feixe de fibras em que os componentes do tabaco foram incorporados. O tecido não-tecido ou feixe de fibras pode compreender, por exemplo, fibras de carbono, fibras naturais de celulose ou fibras derivadas de celulose.

O dispositivo gerador de aerossol pode, ainda, compreender uma fonte de alimentação para fornecer energia ao elemento de aquecimento. A fonte de alimentação pode ser qualquer fonte de alimentação, por exemplo uma fonte de tensão de DC. Numa forma de realização, a fonte de alimentação é uma bateria de iões de lítio. Em alternativa, a fonte de alimentação pode ser uma bateria de níquel-hidreto metálico, uma bateria de níquel cádmio, ou uma bateria com base de lítio, por exemplo, uma bateria de lítio-cobalto, uma bateria de lítio-ferro-fosfato, uma bateria de titanato de lítio ou uma bateria de polímero de lítio.

Embora a descrição tenha sido descrita com referência a diferentes aspetos, será evidente que as características descritas em relação a um aspetto da descrição podem ser aplicados a outros aspetos da descrição.

Exemplos da invenção serão agora descritos em detalhe com referência aos desenhos anexos, nos quais:

A Figura 1 é um diagrama esquemático dum dispositivo gerador de aerossol;

A Figura 2 é um diagrama esquemático dum circuito de controlo da temperatura para um dispositivo do tipo mostrado na Figura 1;

A Figura 3 ilustra a evolução do limite máximo do ciclo de trabalho durante uma sessão de fumo utilizando um dispositivo do tipo mostrado na Figura 1;

A Figura 4 é um fluxograma ilustrando um processo para detetar padrões de ciclo de trabalho anormais;

A Figura 5 ilustra um exemplo da redução de temperatura do elemento de aquecimento seguinte à deteção de baforadas excessivas por um utilizador;

A Figura 6 é um fluxograma ilustrando o processo para detetar a combustão do substrato;

A Figura 7 ilustra um exemplo da deteção da combustão utilizando o processo tal como ilustrado na Figura 6; e

A Figura 8 é um fluxograma ilustrando um processo para cortar a energia ao elemento de aquecimento seguinte à deteção de temperatura elevada indesejada.

Na Figura 1, os componentes duma forma de realização dum dispositivo gerador de aerossol eletricamente aquecido 100 são mostrados numa forma simplificada. Particularmente, os elementos do dispositivo gerador de aerossol eletricamente aquecido 100 não são desenhados à escala na Figura 1. Os elementos que não são relevantes para a compreensão desta forma de realização foram omitidos para simplificar a Figura 1.

O dispositivo gerador de aerossol eletricamente aquecido 100 comprehende um alojamento 10 e um substrato de formação de aerossol 12, por exemplo, um cigarro. O substrato de formação de aerossol 12 é empurrado para dentro do alojamento 10, para ficar em proximidade térmica com o elemento de aquecimento 14. O substrato de formação de aerossol 12 libertará uma gama de compostos voláteis, a diferentes temperaturas. Através do controlo da temperatura máxima de funcionamento do dispositivo gerador de aerossol eletricamente aquecido 100, para estar abaixo da temperatura de libertação de alguns compostos voláteis, a libertação, ou a formação, desses constituintes do fumo pode ser evitada.

Dentro do alojamento 10 há um suprimento de energia elétrica 16, por exemplo, uma bateria recarregável de iões de lítio. Um controlador 18 é ligado ao elemento de aquecimento 14, ao abastecimento de energia elétrica 16, e a uma interface de utilizador 20, por exemplo, um botão ou interruptor. O controlador 18 controla a energia fornecida ao elemento de aquecimento 14, a fim de regular a sua temperatura. Tipicamente, o substrato de formação de aerossol é aquecido a uma temperatura entre 250 e 450 graus centígrados.

A Figura 2 ilustra o circuito de controlo usado para descrever a regulação da temperatura descrita, de acordo com uma forma de realização da invenção.

O aquecedor 14 é conectado à bateria através duma ligação 22. A bateria 16 fornece uma tensão V2. Em série com o elemento de aquecimento 14, uma resistência adicional 24, com a

resistência conhecida  $r$ , é inserida e ligada à tensão  $V_1$ , intermédia entre a terra e a tensão  $V_2$ . A modulação de frequência da corrente é controlada através do microcontrolador 18 e distribuída através da sua saída análoga 30 para a resistência 26, a qual atua como um simples interruptor.

A regulação é baseada num regulador PID, que é parte do software integrado no microcontrolador 18. A temperatura (ou uma indicação da temperatura) do elemento de aquecimento é determinada através da medição da resistência elétrica do elemento de aquecimento. A temperatura é usada para ajustar o ciclo de trabalho, neste caso, a frequência de modulação, dos impulsos de corrente fornecida ao elemento de aquecimento, a fim de manter o elemento de aquecimento a uma temperatura alvo. A temperatura é determinada a uma frequência escolhida para combinar o controlo do ciclo de trabalho, e pode ser determinada tão frequentemente como a cada 100 ms.

A entrada análoga 28 do microcontrolador 18 é usada para recolher a tensão através da resistência 24 e fornece a imagem da corrente elétrica a fluir no elemento de aquecimento. A tensão  $V_+$  da bateria e a tensão através da resistência 24 são usadas para calcular a variação de resistência do elemento de aquecimento e ou a sua temperatura.

A resistência do aquecedor a ser medida a uma temperatura em particular é o  $R_{aquecedor}$ . A fim do microprocessador 18 medir a resistência do  $R_{aquecedor}$  14, a corrente através do aquecedor 14 e a tensão através do aquecedor 14 podem, ambas, ser determinadas. Depois, a fórmula seguinte bem conhecida pode ser usada para determinar a resistência:

$$V = IR \quad (1)$$

Na Figura 2, a tensão através do aquecedor é  $V2 - V1$  e a corrente através do aquecedor é  $I$ . Assim:

$$R_{aquecedor} = \frac{V2 - V1}{I} \quad (2)$$

A resistência adicional 24, cuja resistência  $r$  é conhecida, é usada para determinar a corrente  $I$ , usada, novamente (1), acima. A corrente através da resistência 24 é  $I$  e a tensão através da resistência 24 é  $V1$ . Assim:

$$I = \frac{V1}{r} \quad (3)$$

Então, combinando (2) e (3) dá:

$$R_{aquecedor} = \frac{(V2 - V1)}{V1} r \quad (4)$$

Assim, o microprocessador 18 pode medir  $V2$  e  $V1$ , à medida que o sistema gerador de aerossol está ser usado e, conhecendo o valor de  $r$ , pode determinar a resistência do aquecedor, a uma temperatura em particular,  $R_{aquecedor}$ .

A resistência do aquecedor está correlacionada com a temperatura. Pode ser usada uma aproximação linear para relacionar a temperatura  $T$  com a resistência medida do  $R_{aquecedor}$  a uma temperatura  $T$ , de acordo com a fórmula seguinte:

$$T = \frac{R_{aquecedor}}{AR_0} + T_0 - \frac{1}{A} \quad (5)$$

em que  $A$  é o coeficiente de resistência térmica do material do elemento de aquecimento e  $R_0$  é a resistência do elemento de aquecimento, à temperatura ambiente  $T_0$ .

Outros métodos, mais complexos, para aproximar a relação entre a resistência e a temperatura, podem ser usados, se uma simples aproximação linear não é suficientemente precisa ao longo da gama de temperaturas de funcionamento. Por exemplo, noutra forma de realização, uma relação pode ser derivada com base numa combinação de duas, ou mais, aproximações lineares, cada uma cobrindo uma gama de temperatura diferente. Este esquema assenta em três, ou mais, pontos de calibração de temperatura, nos quais a resistência do aquecedor é medida. Para pontos de calibração de temperaturas intermédias, os valores de resistência são interpolados a partir dos valores nos pontos de calibração. O ponto de calibração de temperaturas são escolhidos para cobrir a gama de temperatura esperada do aquecedor, durante o funcionamento.

Uma vantagem destas formas de realização é que não é necessário um sensor de temperatura, o qual pode ser volumoso e dispendioso. Também, o valor da resistência pode ser usado diretamente pelo regulador PID, em vez da temperatura. Se o valor da resistência está dentro dumha gama desejada, também estará a temperatura do elemento de aquecimento. Por conseguinte, a temperatura atual do elemento de aquecimento não necessita de ser calculada. Contudo, é possível usar um sensor de temperatura separado e ligá-lo ao microcontrolador para fornecer a informação de temperatura necessária.

O microcontrolador pode ser programado para limitar o ciclo de trabalho máximo permitido. O ciclo de trabalho máximo permitido pode variar com o tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento. A Figura 3 ilustra o progresso dumha

sessão de fumo utilizando um dispositivo do tipo mostrado na Figura 1. A temperatura alvo do elemento de aquecimento é indicada pela linha 30, tal como pode ser visto, é mantida a 375°C durante a sessão de fumo, que dura seis minutos no total. A sessão de fumo é dividida em fases através do microcontrolador, com limites máximos do ciclo de trabalho diferentes em fases diferentes. Ciclo de trabalho neste contexto significa a percentagem de tempo em que foi fornecida energia, com o interruptor 26 fechado. No exemplo ilustrado na Figura 3, numa primeira fase, o ciclo de trabalho é limitado a 95% durante 30 segundos. Durante este período, o elemento de aquecimento foi levado até à temperatura alvo. Na segunda fase, novamente de 30 segundos, o ciclo de trabalho é limitado a 65%. É necessária menos energia para manter a temperatura do elemento de aquecimento do que para o aquecer. Na terceira fase de 30 segundos o ciclo de trabalho é limitado a 60%. Na quarta fase de 90 segundos, o ciclo de trabalho é limitado a 55%, na quinta fase de 60 segundos o ciclo de trabalho é limitado a 50%, e na sexta fase de 120 segundos o ciclo de trabalho é limitado a 45%.

À medida que o substrato se esgota, menos calor é removido por vaporização, assim, menos energia é necessária para manter a temperatura do elemento de aquecimento à temperatura alvo. Além disso, a temperatura das partes circundantes do dispositivo aumenta com o tempo e, assim, absorve menos energia com o tempo. Por conseguinte, para reduzir a hipótese de combustão, a energia máxima permitida é reduzida com o tempo para uma dada temperatura alvo. Como regra geral, a energia máxima permitida ou ciclo de trabalho máximo, é reduzida progressivamente com o tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento, durante uma única sessão de fumo.

Pode, também, ser determinado o comportamento excessivo de baforadas. Cada vez que um utilizador tira uma baforada no dispositivo, o ar aspirado passa pelo elemento de aquecimento, a quantidade de oxigénio em contacto com o substrato é aumentada, aumentando a hipótese de combustão a uma dada temperatura. Com cada baforada o elemento de aquecimento é arrefecido. O ciclo de controlo de temperatura irá compensar este arrefecimento através do aumento temporário do ciclo de trabalho dos impulsos de corrente. Períodos extensos em, ou perto, do limite do ciclo de trabalho podem ser indicativos de baforadas excessivas e impulsionar um redução no limite do ciclo de trabalho.

Através da limitação do ciclo de trabalho máximo para um nível que seria esperado estar dentro dos limites do comportamento "normal" dum utilizador e condições ambientais, os picos de temperatura podem ser evitados. Claramente, o limite do ciclo de trabalho e o modo como este varia ao longo do tempo pode ser determinado experimentalmente para satisfazer conceções de dispositivo em particular, substratos e cenários de utilização.

O ciclo de trabalho dos impulsos de corrente podem ser monitorizados através do microcontrolador, e se o ciclo de trabalho difere dum ciclo de trabalho esperado durante um período constante, o microcontrolador pode ter uma ação corretiva ou pode determinar o fornecimento de energia ao elemento de aquecimento.

O limite máximo do ciclo de trabalho pode ser estabelecido para ser um limite superior dum nível de ciclo de trabalho

esperado para um comportamento normal do utilizador, ou ser estabelecido para satisfazer um utilizador em particular de acordo com as suas preferências. Se os ciclos de trabalho atuais estão, então, no limite máximo do ciclo de trabalho na maioria do tempo, isso é indicativo que o sistema está a arrefecer mais do que o esperado por baforadas excessivas do utilizador. Como descrito acima, com as baforadas excessivas existe um aumento do risco de combustão devido ao aumento do oxigénio em contacto com o substrato. A Figura 4 ilustra o ciclo de controlo de histerese, usando uma aproximação de impulso de diminuição Schmitt, para detetar um tal comportamento de baforadas anormal e reduzir a temperatura alvo ou o limite do ciclo de trabalho, quando tal baforada anormal é detetada. Contudo, será claro que existem alternativas a um ciclo de controlo de impulso Schmitt, tal como, uma janela de controlo deslizante, filtros de Resposta de Impulso Infinito (IIR) e filtros de Resposta de Impulso Finito (FIR).

O processo da Figura 4 começa e prossegue para o passo 400, no qual uma variável do estado arbitrária, a qual é inicialmente estabelecido em 0 é modificada por um fator  $f$ , que é inferior a um, por exemplo, 0,75. No passo 410, o ciclo de trabalho é comparado com um valor limite do ciclo de trabalho  $DC_1$ . Se o ciclo de trabalho é maior ou igual ao valor limite do ciclo de trabalho, então a variável do estado aumenta numa quantidade  $c$ , por exemplo, 0,25, no passo 420 antes de passar para o passo 430. O valor limite do ciclo de trabalho  $DC_1$  pode ser o limite máximo do ciclo de trabalho ou alguma proporção do limite máximo do ciclo de trabalho. Se o ciclo de trabalho é inferior ao limite do ciclo de trabalho, a variável de estado fica inalterada e o processo move-se para o passo 430. A variável de

estado é, então, comparada com um estado limite ST no passo 430. O estado limite pode ser um passo de 0,8, por exemplo. Se a variável do estado é inferior ou igual ao limite do estado, então, o processo retorna para o passo 400. Se a variável do estado é maior do que o limite do estado, então, é detetada uma condição de pré-combustão e quer a temperatura alvo do elemento de aquecimento ou o limite máximo do ciclo de trabalho é reduzido no passo 440. A variável do estado é, então, reposta no passo 450 antes do processo retornar ao passo 400.

O processo da Figura 4 assegura que flutuações de muito curto prazo não impulsionam a deteção duma condição de pré-combustão. Apenas se o ciclo de trabalho excede o ciclo de trabalho limite em vários ciclos do processo de controlo, será detetada uma condição de pré-combustão. O ciclo de controlo da Figura 4 é repetida periodicamente, por exemplo, a cada 100ms, correspondente à frequência do ciclo de controlo do regulador PID.

A Figura 5 ilustra a redução na temperatura alvo resultante a partir dum processo de controlo, como ilustrado na Figura 4. A linha superior 50 indica a temperatura do elemento de aquecimento. A linha inferior 55 indica o ciclo de trabalho do sinal de corrente. A Figura 5 mostra que cerca de 275 segundos após o início da sessão de fumo, o mecanismo de deteção de pré-combustão é impulsionado devido, começando a cerca de 240 segundos, a um limite do ciclo de trabalho mais baixo provocar uma queda mais acentuada da temperatura durante as baforadas e o sistema compensar através da manutenção do ciclo de trabalho no seu limite superior, por um período mais longo. A temperatura alvo é, então, reduzida para 350°C.

A Figura 6 ilustra o ciclo de controlo de histerese, utilizando, novamente, uma aproximação de impulso de diminuição Schmitt, para detetar a combustão do substrato. No passo 600, uma variável de estado arbitrária, a qual é inicialmente estabelecida em 0, é modificada por um fator  $f$ , que é inferior a um, por exemplo, 0,9. No passo 610, o ciclo de trabalho é comparado com um segundo limite do ciclo de trabalho  $DC_2$ . O segundo limite do ciclo de trabalho é estabelecido em 75% do limite máximo do ciclo de trabalho. Se o ciclo de trabalho é inferior ao segundo limite do ciclo de trabalho, a variável do estado é incrementada por  $b$ , neste exemplo, 0,3, no passo 620, antes de prosseguir para o passo 630. Se o ciclo de trabalho é maior ou igual ao segundo limite do ciclo de trabalho, então, a variável do estado permanece inalterada e o processo prossegue diretamente para o passo 630. No passo 630, a variável do estado é comparada com o limite da variável do estado  $ST$ , o qual é igual a um, neste exemplo. Se a variável do estado é maior que  $ST$ , então, é cortado o fornecimento de energia ao elemento de aquecimento. O microprocessador simplesmente mantém o interruptor 26 aberto. O processo, então, termina. Se a variável do estado é inferior ou igual a  $ST$ , o processo retorna para o passo 600.

A Figura 7 ilustra a deteção da combustão utilizando um processo do tipo mostrado na Figura 6. A Figura 7 mostra uma queda significativa no ciclo de trabalho, a cerca de 140 segundos, mas isso não é suficiente para impulsionar o mecanismo de deteção da combustão. Contudo, a cerca de 155 segundos, o ciclo de trabalho cai abaixo do limite mínimo do filtro de deteção de combustão e permanece baixo por algum tempo, enquanto

a temperatura permanece a, ou acima, dum alvo predeterminado. A comparação da temperatura atual com o alvo predeterminado pode ser incorporada no ciclo de controlo da Figura 6, ou pode ser implementada como um processo separado. Isso impulsiona a paragem imediata da energia para o elemento de aquecimento. Com efeito, o mecanismo de deteção da combustão deteta a energia a começar a vir do substrato, em vez da sua fonte elétrica, e para a experiência em fumar antes do substrato entrar em autocombustão.

Adicionalmente à pré-combustão e aos processos de deteção da combustão descrito com referência às Figuras 4 e 6, a energia para o elemento de aquecimento pode ser cortada com base, apenas, na temperatura detetada. A Figura 8 ilustra um exemplo dum ciclo de controlo para cortar a energia baseada na deteção de temperatura excessiva. O ciclo de controlo da Figura 8 pode ser incorporado no ciclo de controlo da Figura 4 ou da Figura 6. Por exemplo, no processo da Figura 4, o passo 800 da Figura 8 pode ser realizado imediatamente antes do passo 400, em cada ciclo. Em alternativa, o ciclo de controlo da Figura 8 pode ser implementado como um ciclo de controlo separado. No passo 800, a temperatura actual detetada  $T_{actual}$  (como determinada através da resistência do elemento de aquecimento ou por um sensor de temperatura separado) é comparada com a temperatura alvo  $T_{alvo}$ . Se a temperatura actual é inferior à temperatura alvo o processo é repetido ou, se incorporado em outro processo de controlo, é realizado o passo remanescente do processo de controlo. Se a temperatura actual é igual ou superior à temperatura alvo, o processo prossegue para o passo 810, no qual é cortada a energia para o elemento de aquecimento. A energia para o elemento de aquecimento pode ser cortada através do controlo dum interruptor

pelo microcontrolador, tal como, o interruptor 26 na Figura 2. O dispositivo pode, então ser impedido de funcionar por um período de tempo predeterminado, durante o qual o elemento de aquecimento arrefece até uma temperatura aceitável. A utilização dum limiar de temperatura simples através do corte da energia para o elemento de aquecimento fornece um caminho direto para impedir, ou reduzir, a possibilidade de combustão do substrato.

Lisboa, 2 de dezembro de 2016

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar um elemento de aquecimento elétrico (14), compreendendo:

manter a temperatura do elemento de aquecimento (14) a uma temperatura alvo através do fornecimento de impulsos de corrente elétrica ao elemento de aquecimento;

monitorizar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica; e

determinar se os ciclos de trabalho diferem a partir dum ciclo de trabalho esperado ou uma gama de ciclos de trabalho, e se for o caso, reduzir a temperatura alvo, ou interromper o fornecimento de corrente ao elemento de aquecimento ou limitar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica fornecidos ao elemento de aquecimento.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que o elemento de aquecimento (14) é um elemento de aquecimento electricamente resistente e o passo de manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo compreende a determinação da resistência elétrica do elemento de aquecimento e ajustar a corrente elétrica fornecida ao elemento de aquecimento dependente da determinação da resistência elétrica.

3. Método de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que o passo de determinar se o ciclo de trabalho difere a partir dum ciclo de trabalho esperado compreende comparar periodicamente o ciclo de trabalho com um primeiro ciclo de trabalho limite e utilizar um ciclo de controlo de histerese para determinar um ponto de estímulo, no qual se reduz a

temperatura alvo ou se limita o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica.

4. Método de acordo com qualquer reivindicação anterior compreendendo, se o ciclo de trabalho é menor do que um segundo ciclo de trabalho limite enquanto a temperatura é igual ou inferior à temperatura alvo, cortar o fornecimento de corrente elétrica ao elemento de aquecimento.

5. Método de acordo com a reivindicação 3 ou 4, compreendendo limitar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica a um limite máximo do ciclo de trabalho, em que o primeiro ou o segundo limite, ou ambos, é proporcional a limite máximo do ciclo de trabalho.

6. Método de acordo com a reivindicação 5, em que a variável A, onde A é igual ao ciclo de trabalho máximo dividido pela temperatura alvo, é progressivamente reduzida com o aumento do tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento.

7. Dispositivo para controlar um elemento de aquecimento elétrico (14), compreendendo:

um circuito de controlo (18) conectado ao elemento de aquecimento (14), configurado para manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo, através do fornecimento de impulsos de corrente elétrica ao elemento de aquecimento; e

um circuito de deteção configurado para monitorizar o ciclo

de trabalho dos impulsos de corrente elétrica e se o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica diferem dum ciclo de trabalho esperado, ou duma gama de ciclos de trabalho, instruir o circuito de controlo para reduzir a temperatura alvo ou para parar o fornecimento de corrente ao elemento de aquecimento ou para limitar o ciclo de trabalho ou os impulsos de corrente elétrica.

8. Dispositivo de acordo com a reivindicação 7, em que o elemento de aquecimento (14) é um elemento de aquecimento eletricamente resistente e o circuito de controlo é configurado para manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo, através da determinação da resistência elétrica do elemento de aquecimento e ajustando a corrente elétrica fornecida ao elemento de aquecimento dependente da determinação da resistência elétrica.

9. Dispositivo de acordo com a reivindicação 7 ou 8, em que o circuito de deteção é configurado para comparar periodicamente o ciclo de trabalho com um primeiro ciclo de trabalho limite e compreende um ciclo de controlo de histerese configurado para determinar um ponto de estímulo, no qual se reduz a temperatura alvo ou se limita o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica.

10. Dispositivo de acordo com qualquer das reivindicações 7 a 9, em que o circuito de deteção é configurado, de tal modo que, se o ciclo de trabalho é menor do que um segundo ciclo de trabalho limite enquanto a temperatura é igual ou inferior à temperatura alvo, o circuito de deteção dá instruções ao

círcuito de controlo para cortar o fornecimento de corrente elétrica ao elemento de aquecimento.

11. Dispositivo de acordo com qualquer das reivindicações 7 a 10, em que círcuito de controlo é configurado para limitar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica para um limite máximo do ciclo de trabalho, de tal modo, que a variável A é igual ao ciclo de trabalho máximo dividido pela temperatura alvo, é progressivamente reduzida com o aumento do tempo seguinte à ativação do elemento de aquecimento.

12. Dispositivo de acordo com qualquer das reivindicações 7 a 11, em que o círcuito de controlo é configurado para cortar o fornecimento de corrente elétrica ao elemento de aquecimento, se a temperatura do elemento de aquecimento exceder um limiar de temperatura.

13. Dispositivo de acordo com qualquer das reivindicações 7 a 12, em que o dispositivo é um dispositivo gerador de aerossol compreendendo um elemento de aquecimento, tal como, um dispositivo para fumar aquecido eletricamente.

14. Dispositivo de acordo com a reivindicação 13, em que o dispositivo gerador de aerossol é configurado para receber um substrato de formação de aerossol, e, em que o ciclo de trabalho esperado, ou gama de ciclos de trabalho, é configurável dependendo duma característica do substrato de formação de aerossol.

15. Sistema gerador de aerossol compreendendo:

um dispositivo gerador de aerossol (100) compreendendo um elemento de aquecimento (14), e um artigo gerador de aerossol compreendendo um substrato de formação de aerossol (12), em que o aquecedor é configurado para aquecer o substrato de formação de aerossol para gerar um aerossol, e, em que o dispositivo gerador de aerossol compreende: um circuito de controlo (18) conectado ao elemento de aquecimento, configurado para manter a temperatura do elemento de aquecimento a uma temperatura alvo através do fornecimento de impulsos de corrente elétrica ao elemento de aquecimento;

um circuito de deteção configurado para monitorizar o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica e se o ciclo de trabalho dos impulsos de corrente elétrica diferem dum ciclo de trabalho esperado, ou duma gama de ciclos de trabalho, instruir o circuito de controlo para reduzir a temperatura alvo ou para parar o fornecimento de corrente ao elemento de aquecimento ou para limitar o ciclo de trabalho ou os impulsos de corrente elétrica.

16. Sistema de acordo com a reivindicação 15, em que o dispositivo gerador de aerossol é configurado, de modo a que, o ciclo de trabalho esperado, ou gama de ciclos de trabalho, seja dependente duma característica do substrato de formação de aerossol.

17. Programa de computador que, quando executado no circuito elétrico programável dum dispositivo gerador de aerossol eletricamente operado, leva o circuito elétrico

programável a realizar o método de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 6.

18. Meio de armazenamento legível por computador tendo armazenado nele um programa de computador, de acordo com a reivindicação 17.

Lisboa, 2 de dezembro de 2016

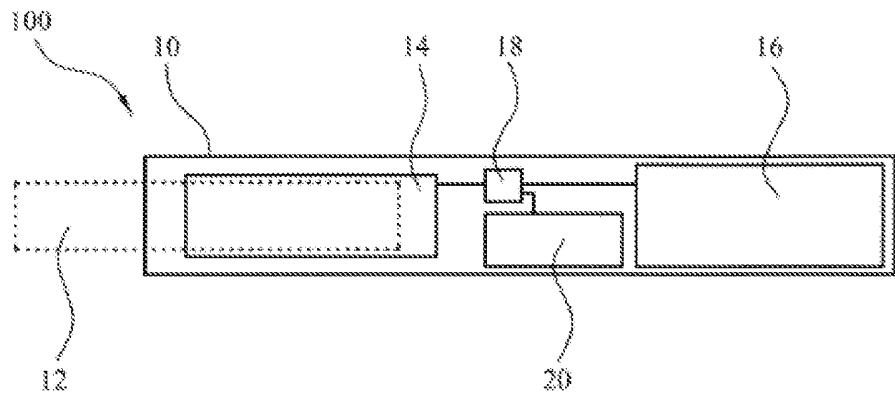


FIG. 1

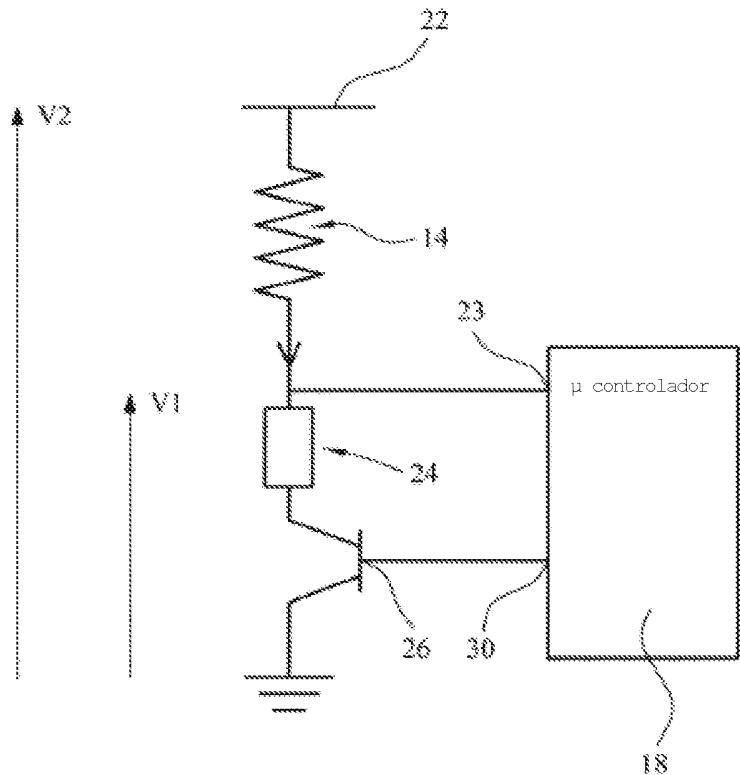
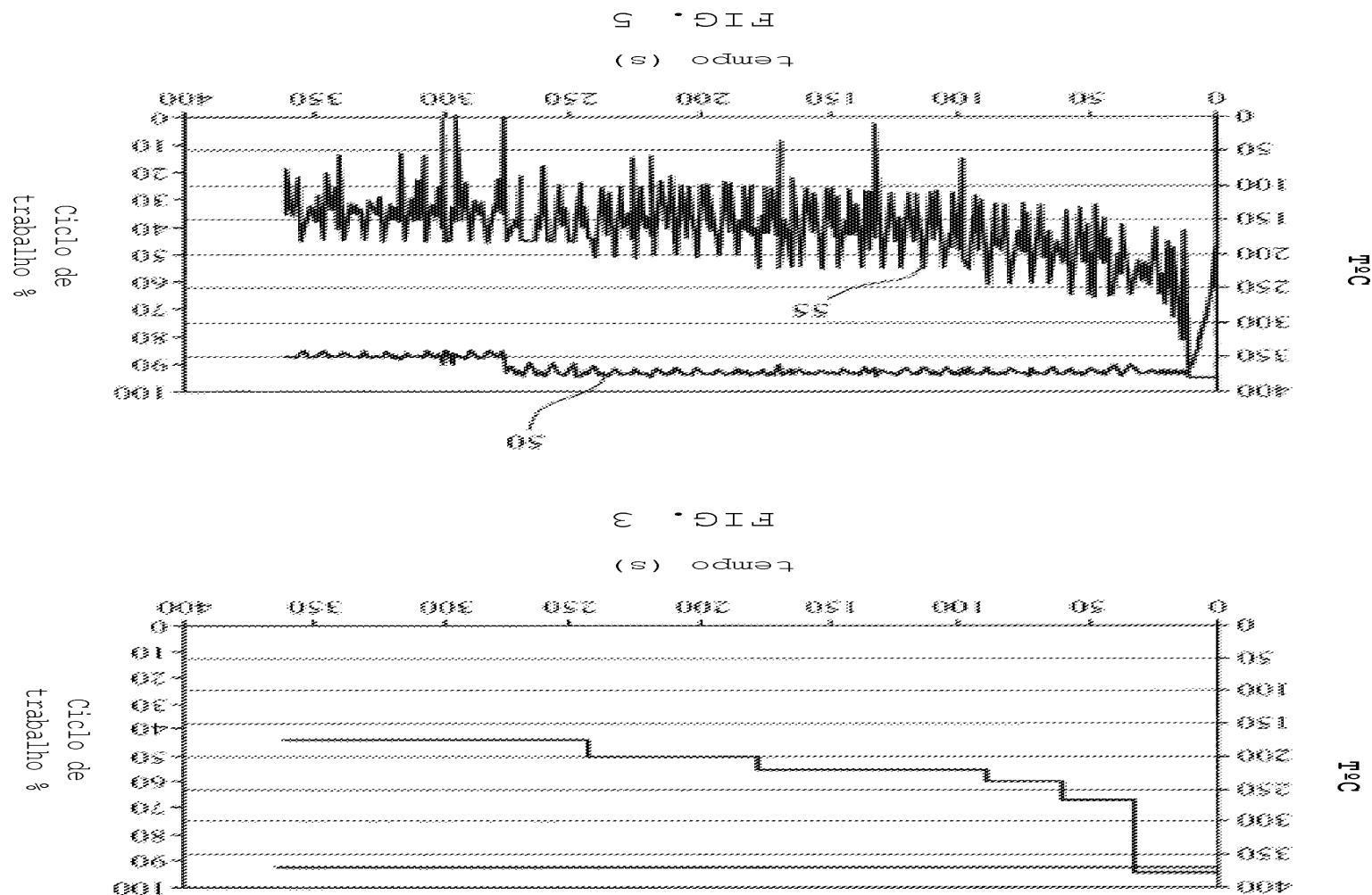


FIG. 2



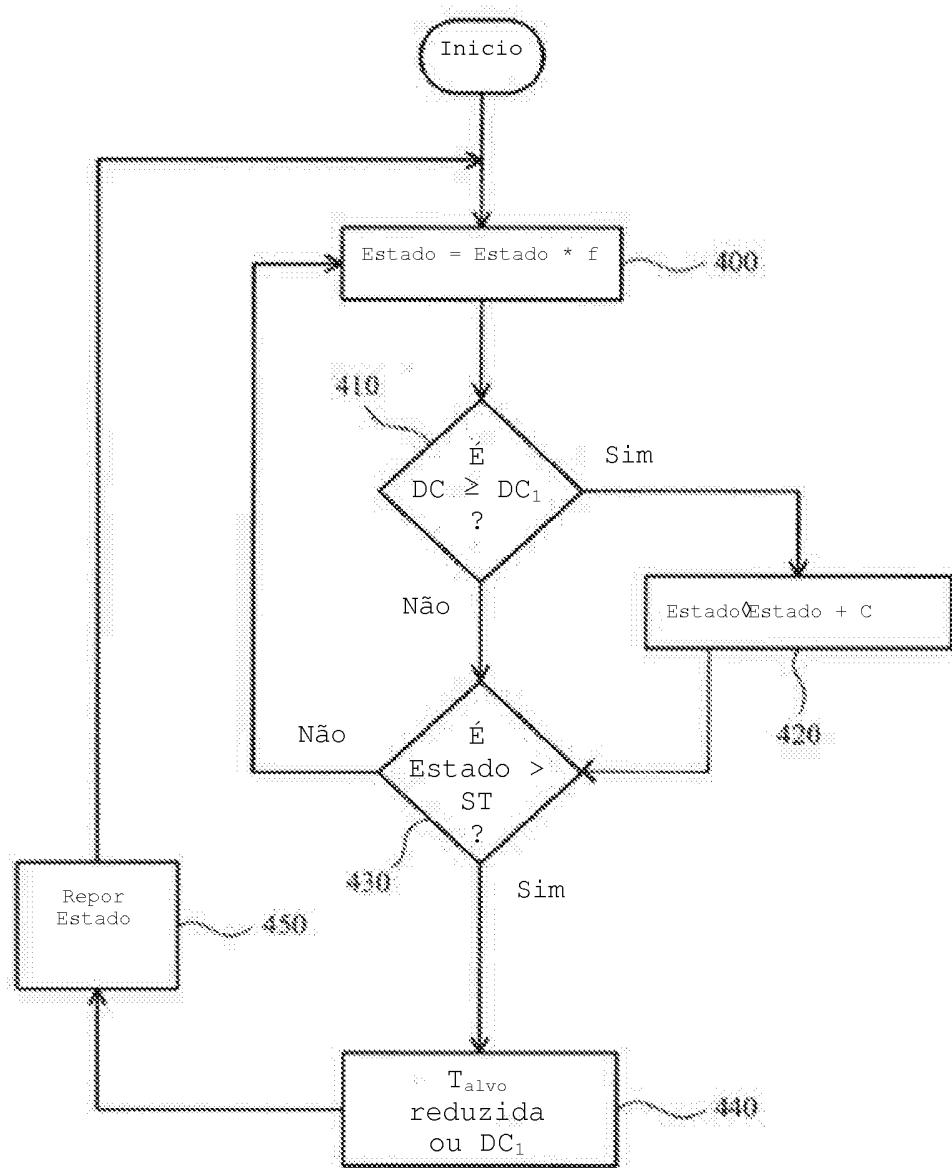


FIG. 4

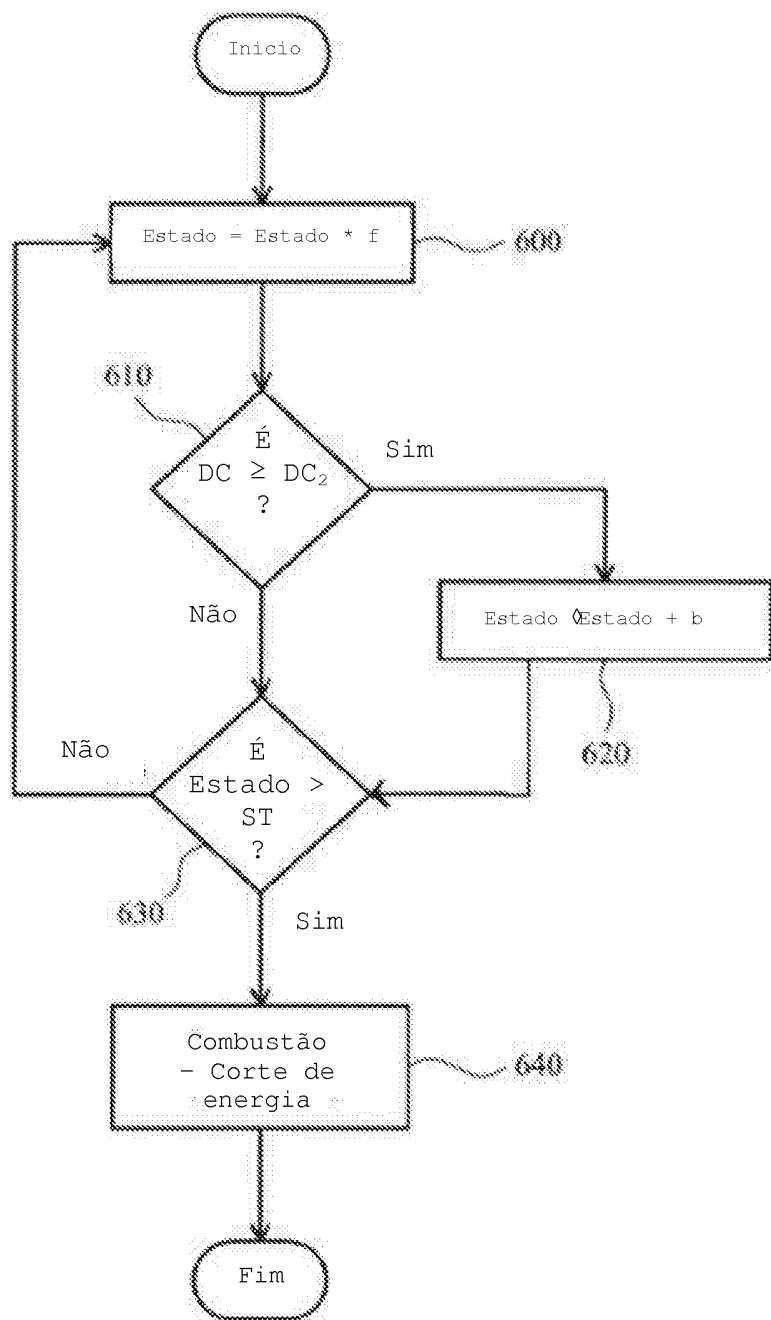


FIG. 6

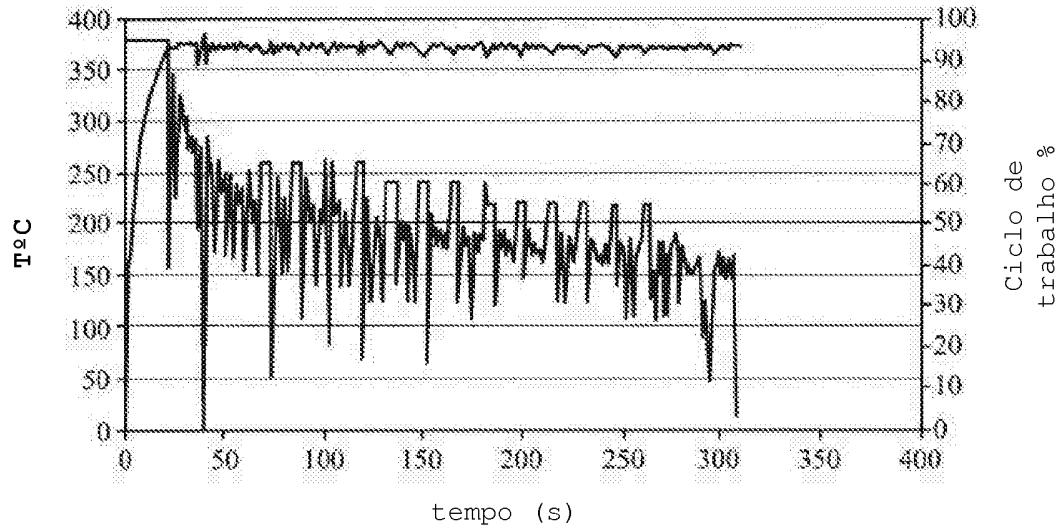


FIG. 7

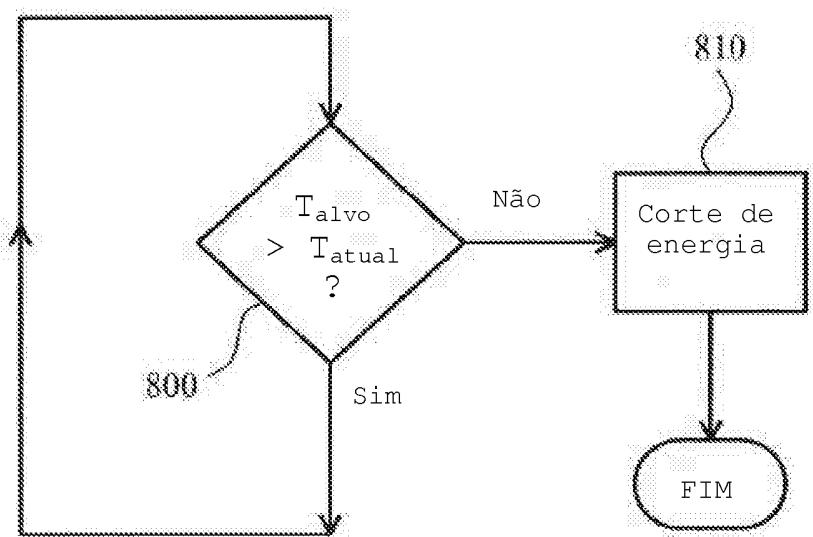


FIG. 8