



INPI
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0703260-9

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0703260-9

(22) Data do Depósito: 06/08/2007

(43) Data da Publicação do Pedido: 24/03/2009

(51) Classificação Internacional: G01N 21/17.

(54) Título: SISTEMA DE SENSORIAMENTO ÓPTICO PARA COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

(73) Titular: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. CGC/CPF: 46068425000133. Endereço: Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Distrito de Barão Geraldo, Campinas, SP, BRASIL(BR), 13083-970

(72) Inventor: CARLOS KENICHI SUZUKI; EDMILTON GUSKEN; ALLAN CARO MERCADO; ERIC FUJIWARA; EDUARDO ONO.

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 21/11/2018, observadas as condições legais

Expedida em: 21/11/2018

Assinado digitalmente por:

Alexandre Gomes Ciancio

Diretor Substituto de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
“SISTEMA DE SENSORIAMENTO ÓPTICO PARA
COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS”.

CAMPO TÉCNICO

5 O presente invento refere-se a um dispositivo e um processo
de sensoriamento óptico para identificação de combustíveis
líquidos e/ou determinação da proporção em misturas de
combustíveis líquidos em tempo real, envolvendo um sistema
óptico termo-compensado e uma fibra óptica atuando como o
10 dispositivo sensor. O invento utiliza componentes ópticos que
atuam na interação luz-combustível, permitindo a determinação
precisa do índice de refração do líquido através do princípio de
Fresnel, possibilitando sua correlação com o tipo de combustível
e/ou com a concentração em uma mistura de combustíveis através
15 de curvas de calibração.

O sistema ora proposto utiliza uma fibra óptica que conduz a
luz no seu interior até a ponta de prova que está em contato com o
combustível. O sinal óptico proveniente da interação entre a luz e
o combustível é coletado por um detector óptico, permitindo
20 identificar em tempo real, o tipo de combustível e/ou determinar a
proporção em misturas de combustíveis em toda a sua extensão de
concentração. Tal sinal óptico resultante da interação da luz na
interface fibra-combustível é função dos índices de refração da
fibra óptica e do combustível, do comprimento de onda da luz
25 utilizada e da temperatura do combustível. O sistema ora proposto

7

líquidos, através da utilização de fibras ópticas com índices de refração adequados em função do combustível e/ou da mistura de combustíveis em análise, possibilitando a otimização da sensibilidade do sistema óptico conforme a necessidade da aplicação.

No presente cenário mundial, verifica-se uma tendência crescente na utilização de fontes de energias alternativas e renováveis para substituírem ou atuarem em conjunto com os combustíveis fósseis (derivados de petróleo, carvão mineral entre outros). Neste contexto, o desenvolvimento de dispositivos para sensoramento de combustíveis tornou-se prioritário para a identificação dos vários tipos de combustíveis existentes bem como para a determinação de suas concentrações em misturas de combustíveis. Um exemplo de aplicação de dispositivo para sensoramento, voltado ao controle de qualidade do combustível, é a utilização em sistemas de produção, distribuição e armazenamento de combustíveis, permitindo classificar e comparar o produto a um padrão de qualidade. Além destas aplicações, os sensores também são empregados para detectar a proporção de diferentes combustíveis em uma mistura, cuja utilidade pode ser verificada principalmente no funcionamento do sistema de combustão em motores bi-combustíveis. Por outro lado, tal sensor poderia auxiliar também na detecção de possíveis fraudes (adulteração de combustíveis) como, por exemplo, a adição de água em álcool, álcool em gasolina, solventes em gasolina e óleo vegetal ou álcool em diesel.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Dispositivos e métodos para detecção de combustíveis são utilizados com frequência cada vez maior. A patente US 5.958.780 propõe um método de identificação de líquidos, como por exemplo, a gasolina ou outros derivados de petróleo, através da introdução de marcadores miscíveis nestes líquidos, e posteriormente a sua identificação através da análise da concentração do marcador por espectrometria de absorção. A presença e a concentração destes marcadores indicariam a adição ou não de solventes. A patente PI 0406097-0 A propõe a medida da concentração de álcool etílico anidro carburante (AEAC) na gasolina através da condutividade ou resistividade elétrica do próprio combustível. A patente PI 8405986 A propõe a medida da concentração de combustível através da medida da constante dielétrica da mistura. Aparelhos e processos baseados em sensores a fibra óptica para a detecção de líquidos também tem sido concebidos com frequência. A patente PI 3058301 A apresenta um sistema óptico para detecção e identificação de líquidos através do princípio de refletividade, e a patente PI-5040213 A utiliza este mesmo método para detectar e/ou identificar vazamentos em tanques de combustíveis e bebidas. A patente PI 8702079 A propõe um método para detectar a proporção de mistura gasolina-álcool através da medida do ângulo crítico do feixe incidente de um sistema ótico. A patente PI 8803374 A propõe um método termo-compensado para

sistema ótico que determina o índice de refração da mistura dos combustíveis. A patente PI 9200613 A propõe um sistema termo-compensado para a detecção da mistura de dois tipos de combustíveis líquidos com alta precisão através da medida do índice de refração da mistura dos combustíveis utilizando um prisma ótico. 70

Entretanto, os sensores para a detecção ou identificação de líquidos existentes carecem de algumas importantes características e funcionalidades em se tratando de líquidos combustíveis. Por exemplo, a patente US 5.958.780, determina a adição de marcadores especiais ao combustível e outros componentes, de modo que a sua posterior identificação ou medida de concentração somente torna-se possível mediante a análise em laboratórios e equipamentos especializados. No caso dos procedimentos mencionados nas patentes PI 0406097-0 A e PI 8405986 A, estes utilizam a metodologia de introduzir correntes elétricas através dos combustíveis para determinar a propriedade de resistividade ou condutividade elétrica, o que pode gerar graves riscos de explosão.

Em se tratando de identificação de mistura de combustíveis líquidos, tais como combustíveis adulterados, ou sistemas de mistura de combustíveis automotivos “flexfuel” álcool-gasolina, ou mesmo a mistura diesel-biodiesel, há necessidade de se utilizar sistemas e fibras ópticas sensoras de elevada sensibilidade. Por exemplo, os sistemas apresentados nas patentes

detecção e identificação de vazamentos de tanques de armazenamento de combustíveis e bebidas, carecem de maior sensibilidade, decorrente da limitação da própria fibra sensora. A patente PI 8702079 A não apresenta um sistema simples para sua utilização em veículos automotivos bem como pressupõe sua aplicação apenas na determinação da proporção de mistura álcool-gasolina, não abrangendo misturas de outros tipos de combustíveis. O sistema proposto na patente PI 8803374 A necessita de três amplificadores para compensar as variações de temperatura. Por fim, a patente PI-9200613 A utiliza um prisma ótico para determinação do índice de refração, além de um grande e complexo aparato para suporte e acoplamento do mesmo em veículos automotivos.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Para sanar os problemas apresentados, o presente invento propõe um dispositivo e sistema de sensoriamento ótico para identificação de combustíveis líquidos e/ou determinação da concentração de combustíveis em misturas de combustíveis líquidos, em tempo real, utilizando um aparato compacto, de alta precisão e que não oferece riscos de explosão. Na presente invenção, a metodologia utilizada tem por base dois princípios: (i) o princípio de guiamento de luz e (ii) o princípio da refletividade óptica (Princípio de Fresnel). A luz é guiada no interior de uma fibra óptica, da fonte luminosa até a ponta de prova, sendo que, na interface fibra-combustível, ocorre o fenômeno da refletividade

refletida de volta para a fibra óptica, como ilustrado na figura 1 dos desenhos. A intensidade da luz refletida obtida pelo detector óptico é função dos índices de refração da fibra óptica e do combustível, do comprimento de onda da luz utilizada e da temperatura do combustível. O índice de refração de misturas de combustíveis, como o álcool e a gasolina, que são miscíveis entre si, varia conforme a proporção destes combustíveis na mistura. Desta forma, medindo-se a intensidade da luz que retorna ao detector, é possível determinar o tipo e a concentração dos combustíveis com uma montagem simples, que permite medições pontuais (devido a dimensão do sensor) e com leituras em tempo real. Entretanto, alguns combustíveis como o diesel e o biodiesel possuem índices de refração próximos ao das fibras ópticas padrões ($n \approx 1,465$), o que diminui em muito a sensibilidade do sensoramento e inviabiliza o uso dessas fibras no sensoramento destes tipos de combustíveis. O problema é ainda agravado quando é necessária a determinação da proporção em misturas que envolvam estes combustíveis, como exemplo, as misturas biodiesel–diesel e álcool–diesel. Para otimizar a identificação e determinação da concentração dos diferentes tipos de combustíveis e misturas, propõe-se a utilização de fibras ópticas especiais, cujos índices de refração sejam mais adequados para o sensoramento dos referidos combustíveis.

Assim sendo, o presente invento pode ser empregado, por exemplo, em usinas de produção de álcool para o controle da concentração de água no álcool produzido e no controle de

qualidade do combustível. A portabilidade do sistema viabiliza também a verificação da possível adulteração de combustíveis em todo o ciclo de produção, transporte e distribuição, através da instalação em centrais distribuidoras de combustíveis, caminhões 5 tanque, postos de combustíveis e nos próprios veículos automotivos.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

O invento passará a ser descrito a seguir com referência às suas caracterizações típicas e também com referência aos 10 desenhos apensos, nos quais:

A figura 1 apresenta um modelo simplificado do sistema de sensoramento óptico para combustíveis líquidos, sendo composto por uma fonte de luz (1), fibras ópticas (2), ponta de prova (3), recipiente de combustível (4), derivador (“splitter”) (5), 15 fotodetector do sinal proveniente do sensor fotônico (6), opcionalmente um fotodetector do sinal de referência da fonte luminosa (7), unidade de armazenamento, processamento e apresentação de dados (8), combustível (9) e sensor de temperatura (10).

20 A figura 2 apresenta um esquema simplificado do princípio da refletividade da luz atuando na interface entre a ponta de prova (3) e o combustível (9).

A figura 3 apresenta um exemplo de dois tipos de sensores: uma fibra óptica com índice de refração padrão $n_1 = 1,465$ (curva 25 de linha cheia) e uma fibra óptica especial com índice de refração

para diversos tipos de combustíveis.

A figura 4 apresenta o efeito do índice de refração da fibra óptica sensora na sensibilidade do sistema óptico para a mistura água-álcool representada pela curva de linha cheia (b), onde a
5 curva (a) representa uma mistura tiner-gasolina, a curva (c) uma mistura aguarrás-gasolina, e a curva (d) uma mistura álcool-gasolina.

74

A figura 5 apresenta o efeito do índice de refração da fibra óptica sensora na sensibilidade do sistema óptico para misturas de
10 vários compostos em diesel, onde a curva (a) representa uma mistura de biodiesel em diesel, a curva (b) uma mistura de querosene em diesel, a curva (c) uma mistura de gasolina em diesel, e a curva (d) uma mistura de álcool em diesel.

A figura 6 apresenta um exemplo do efeito do comprimento
15 de onda da luz utilizada, $\lambda = 1550$ nm (representado pela curva de linha cheia) e $\lambda = 1310$ nm (representado pela curva de linha tracejada), na refletividade em função da variação do índice de refração do meio líquido (biodiesel em diesel) que a fibra óptica está inserida.

20 A figura 7 apresenta o efeito da temperatura no índice de refração para diferentes concentrações na mistura álcool-gasolina, onde a curva (a) representa gasolina pura, a curva (d) 80% gasolina e 20% álcool, a curva (c) 60% gasolina e 40% álcool, a curva (d) 50% gasolina e 50% álcool, a curva (e) 40% gasolina e
25 60% álcool, a curva (f) 20% gasolina e 80% álcool, e a curva (g)

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O sistema de sensoriamento óptico consiste de uma fonte luminosa (1) a qual é acoplada a um derivador de sinal (“splitter”) (5), onde uma parte do feixe de luz proveniente da fonte luminosa (1) é opcionalmente direcionada para um detector (7) que eventualmente servirá de referência, e outra parte do feixe é direcionada para a ponta de prova (3) que estará imersa no combustível líquido. Parte da luz proveniente da ponta de prova é refletida na interface fibra-combustível, retornando para o detector (6) através do derivador de sinal (5). O sinal que chega ao detector (6) é convertido e opcionalmente comparado com o sinal do detector de referência (7), e enviado para uma unidade de processamento (8), podendo este ser um microprocessador, correlacionando o sinal do detector com o tipo de combustível e/ou determinando a proporção em misturas de combustíveis através de curvas de calibração previamente alimentadas no sistema. A temperatura do combustível é determinada através de um sensor (10) para a correção do efeito térmico. Um modelo simplificado do aparato é apresentado na figura 1 dos desenhos.

No sistema ora proposto, a interface fibra-combustível é composta por dois meios distintos, o meio 1, constituído pelo material que compõe a fibra óptica, e o meio 2, constituído pelo combustível líquido. Nesta interface, a luz proveniente da fonte luminosa não é totalmente transmitida da fibra óptica para o combustível, sendo parcialmente refletida de volta para o

detector. O princípio da refletividade (princípio de Fresnel) atuando sobre a região de interface entre a ponta de prova (3) e o combustível líquido (9) determina qual a fração da luz é refletida na interface, conforme ilustrado na figura 2 dos desenhos. O princípio de Fresnel pode ser descrito analiticamente através das seguintes equações:

$$R_s = \left[\frac{\text{sen}(\theta_r - \theta_i)}{\text{sen}(\theta_r + \theta_i)} \right]^2 = \left[\frac{n_1 \cos(\theta_i) - n_2 \cos(\theta_r)}{n_1 \cos(\theta_i) + n_2 \cos(\theta_r)} \right]^2,$$

$$R_p = \left[\frac{\text{tg}(\theta_r - \theta_i)}{\text{tg}(\theta_r + \theta_i)} \right]^2 = \left[\frac{n_1 \cos(\theta_r) - n_2 \cos(\theta_i)}{n_1 \cos(\theta_r) + n_2 \cos(\theta_i)} \right]^2,$$

$$R = (R_s + R_p)/2.$$

10 onde:

R representa a refletividade entre o meios 1 e 2;

R_s e R_p representam o efeito da refletividade sobre a luz polarizada;

15 n_1 representa o índice de refração do meio 1 (ponta de prova);

n_2 representa o índice de refração do meio 2 (líquido combustível);

θ_i representa o ângulo entre o feixe luminoso incidente e a normal da interface dos meios 1 e 2;

20 θ_r representa o ângulo entre o feixe luminoso refratado e a normal da interface dos meios 1 e 2.

Os combustíveis líquidos mais comumente utilizados possuem índices de refração distintos e bem definidos, o que

possibilita a identificação desses combustíveis através da refratometria. Considerando o meio 1 o material que constitui a fibra óptica sensora, possuindo índice de refração, por exemplo, próximo a 1,465 (valor típico para as fibras ópticas padrões), e o meio 2 o combustível líquido, torna-se possível determinar o índice de refração do combustível líquido através da equação de refletividade apresentada anteriormente. Estando o sistema alimentado com os índices de refração de diversos tipos de combustíveis, a unidade de processamento é capaz de identificar o tipo de combustível por comparação direta dos índices de refração medidos e armazenados. Entretanto, equipamentos que utilizam sensores ópticos geralmente não são otimizados para o sensoriamento de combustíveis líquidos, não oferecendo uma precisão necessária em casos específicos. Um desses casos refere-se a dificuldade do sistema na distinção de combustíveis uma vez que possuam índices de refração muito próximos ao índice de refração das fibras ópticas padrões ($n \approx 1,465$). Um sistema óptico que utiliza uma fibra óptica padrão não possui precisão suficiente para distinguir, por exemplo, o diesel do biodiesel. Conforme ilustra o gráfico da FIG. 3, essa precisão pode ser aumentada utilizando-se uma fibra especial com maior índice de refração ($n \approx 1,520$), permitindo a correta identificação do combustível. Como referência, os índices de refração dos combustíveis comumente utilizados, bem como de outros líquidos utilizados em misturas de combustíveis estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Índices de refração a 20 °C e $\lambda = 589$ nm.

Líquido	Índice de Refração
Metanol	1,329
Água	1,333
Álcool etílico anidro	1,362
Etanol	1,377
Gasolina (Tipo C)	1,409
Gasolina (Tipo A)	1,420
Querosene	1,448
Biodiesel	1,450
Diesel	1,460

28

Um exemplo de aplicação encontra-se na identificação de combustíveis adulterados. A adição de líquidos ao combustível “conforme” (não adulterado) altera as propriedades do combustível original e, conseqüentemente, o índice de refração da mistura resultante, tornando a adulteração passível de detecção através do sistema ora proposto. Assim sendo, quanto maior a diferença entre os índices de refração do combustível “conforme” e do combustível analisado, maior o grau de adulteração.

Uma forma comum de adulteração de combustível é a adição de água em álcool. Neste caso, deve-se considerar os diferentes tipos de álcool utilizados como combustível. O álcool etílico hidratado carburante (AEHC), comumente chamado álcool hidratado, possui cerca de 4% a 7% de água em sua composição, mas trata-se de um combustível “conforme”. O AEHC possui índice de refração ligeiramente inferior ao álcool etílico anidro

carburante (AEAC), comumente chamado de álcool anidro, que possui uma quantidade mínima de água em sua composição. Conforme a FIG. 4, um sistema óptico utilizando uma fibra óptica com índice de refração padrão estabelece uma concentração mínima detectável de água em álcool em torno de 1%. Concentrações de até 0,5 % de água, por exemplo, podem ser detectáveis utilizando-se fibras ópticas especiais que possuam índice de refração superiores a 1,65.

Outra forma comum de adulteração de combustível é a adição de álcool ou solventes em gasolina. Conforme é mostrado na figura 4 dos desenhos, o sensoriamento óptico utilizando uma fibra padrão ($n \approx 1,465$) estabelece a detecção mínima de álcool na mistura álcool-gasolina para concentrações acima de 2 % em volume e somente 5 % para solventes como o tiner na mistura tiner-gasolina. Para concentrações menores, a adulteração só é passível de detecção com o aumento da sensibilidade do sistema, obtido através da utilização de fibras ópticas especiais que apresentam maior índice de refração.

O índice de refração de uma mistura de combustíveis líquidos, miscíveis entre si é determinado pela média dos índices de refração dos combustíveis constituintes da mistura, ponderada pelas suas respectivas proporções volumétricas. Conhecendo-se a priori que dois tipos distintos de combustíveis constituem uma mistura binária, é possível determinar a proporção desses combustíveis através da relação:

$$n_{\text{mix}} = n_1 \times C_1 + n_2 \times C_2, \quad \text{com } C_1 + C_2 = 1,$$

o que fornece:

$$C_1 = \frac{n_{\text{mix}} - n_2}{n_1 - n_2},$$

onde:

n_{mix} representa o índice de refração da mistura;

5 n_1 e n_2 representam os índices de refração dos combustíveis 1 e 2, respectivamente;

C_1 e C_2 representam as proporções dos combustíveis 1 e 2, respectivamente.

Um exemplo de aplicação encontra-se na determinação da
 10 proporção da mistura de combustíveis utilizados em motores
 automotivos bi-combustíveis (“flexfuel”), tais como a mistura
 álcool–gasolina. A variação na proporção de cada combustível é
 refletida no índice de refração da mistura dos combustíveis.

A presente invenção contempla também a utilização
 15 conjunta de vários sensores do sistema ora proposto. Para o caso
 dos veículos automotivos bi-combustíveis (“flexfuel”), por
 exemplo, torna-se interessante a aplicação de dois sensores
 independentes atuando em conjunto. Um dos sensores, localizado
 no tanque ou na bomba de combustível, por exemplo, atuaria na
 20 análise do combustível pré-combustão, determinando a proporção
 da mistura. Um segundo sensor, posicionado na entrada do
 combustível, atuaria na análise do combustível durante o
 abastecimento do veículo, destinando-se à verificação imediata de
 possível adulteração do combustível.

25 Em casos de misturas de combustíveis onde um dos

componentes constitui uma pequena fração na composição da mistura, ou combustíveis que possuam índices de refração muito próximos entre si, como o diesel e o biodiesel, por exemplo, aumenta-se a dificuldade do sensoriamento óptico. Propõe-se, então, a otimização do sistema de sensoriamento conforme a necessidade da precisão de detecção, através da utilização de fibras ópticas especiais cujos índices de refração sejam suficientemente maiores que o índice de refração da mistura desses combustíveis, conforme ilustra a figura 5 dos desenhos.

O sistema ora proposto apresenta também variação quanto a sua sensibilidade de detecção em função do comprimento de luz utilizada. Desta forma, a calibração do sistema deve considerar o comprimento de onda da luz, evitando-se possíveis erros de leitura. O gráfico da figura 6 dos desenhos ilustra um exemplo do efeito do comprimento de onda da luz na refletividade, no qual pode-se observar um aumento na sensibilidade do sensor para alguns combustíveis, principalmente para o caso do biodiesel em diesel. A presente patente contempla também a seleção apropriada do comprimento de onda da luz utilizada como parte integrante do processo de otimização da sensibilidade e precisão do sistema de detecção.

O método de sensoriamento óptico ora proposto propõe também a correção do efeito da temperatura do combustível no índice de refração, evidenciando tratar-se de um método termo-compensado. Define-se a variação do índice de refração de um combustível líquido em função da temperatura através do

coeficiente de temperatura $CT = dn/dT$, específico a cada tipo de combustível.

A correção do efeito da temperatura no índice de refração do combustível é realizada através da aquisição simultânea da
5 temperatura do combustível em análise. Estando a unidade de processamento alimentada com os índices de refração dos tipos de combustíveis a uma temperatura padrão previamente estabelecida, bem como com os respectivos coeficientes de temperatura desses combustíveis, a correção do índice de refração medido para seu
10 equivalente na temperatura padrão é realizada de forma automática, resultando na correta identificação do combustível analisado.

Em se tratando de misturas de combustíveis, determina-se as respectivas proporções considerando-se que a diferença no índice
15 de refração da mistura, atribuída ao efeito da temperatura, é proporcional à média dos coeficientes de temperatura dos combustíveis que constituem a mistura, ponderada pelas respectivas proporções volumétricas. Estando a unidade de processamento alimentada com os índices de refração dos
20 combustíveis em análise, bem como de seus respectivos coeficientes de temperatura, a unidade de processamento calcula automaticamente os valores dos índices de refração de cada combustível constituinte da mistura para os equivalentes na temperatura medida (T). A proporção dos combustíveis C_1 e C_2 de
25 uma mistura binária pode ser determinada a partir da seguinte equação:

$$C_1 = \frac{n'_{\text{mix}} - n'_2}{n'_1 - n'_2}, \text{ com } C_1 + C_2 = 1,$$

onde

n'_{mix} corresponde ao índice de refração da mistura binária medido a uma temperatura T ;

5 n'_1 e n'_2 correspondem aos índices de refração dos combustíveis 1 e 2, respectivamente, calculados para a temperatura medida T .

Considerando-se, por exemplo, a mistura álcool-gasolina, a unidade de processamento corrige automaticamente os valores dos índices de refração do álcool e da gasolina para seus respectivos equivalentes na temperatura medida, conforme ilustra a figura 7 dos desenhos, possibilitando a determinação da proporção da mistura conforme as relações citadas anteriormente.

15 A presente invenção contempla também que a unidade de processamento possa ser alimentada com os índices de refração e os coeficientes de temperatura de quaisquer outros líquidos, em particular para aqueles encontrados em misturas de combustíveis, como exemplo, água, querosene, solventes, óleos vegetais, etc.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de sensoriamento óptico para combustíveis líquidos, CARACTERIZADO pelo fato de compreender uma fonte luminosa (1), um derivador de sinal (5), detectores (6; 7), sensor de temperatura (10), fibra óptica (2) e unidade de armazenamento e processamento (8), onde a fibra óptica é utilizada como guia de luz e o dispositivo sensor para a determinação do índice de refração de combustíveis líquidos (9) através do princípio da refletividade, sendo o referido sistema capaz de identificar diferentes tipos de combustíveis líquidos e/ou a proporção dos combustíveis constituintes de uma mistura onde a sensibilidade do sistema é determinada pela utilização de fibras ópticas com diferentes índices de refração.

2. Sistema de sensoriamento óptico, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de armazenar os índices de refração de diferentes tipos de combustíveis líquidos a uma temperatura padrão pré estabelecida, bem como os de outros tipos de líquidos que possam ser adicionados aos combustíveis.

3. Sistema de sensoriamento óptico, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de constituir-se de um sistema termo-compensado, através da leitura simultânea da temperatura do combustível líquido, eliminando-se o efeito da variação da temperatura no índice de refração.

4. Sistema de sensoriamento óptico, de acordo com a reivindicação 3, CARACTERIZADO pelo fato de armazenar os índices de refração de diferentes tipos de combustíveis líquidos a uma temperatura padrão pré estabelecida e seus respectivos
5 coeficientes de temperatura (CT), bem como os de outros tipos de líquidos que possam ser adicionados aos combustíveis.

5. Sistema de sensoriamento óptico, de acordo com as reivindicações 1 e 2, CARACTERIZADO pelo fato de utilizar fibras ópticas fabricadas com qualquer tipo de material,
10 apresentando qualquer valor do índice de refração preferencialmente no intervalo de 1,3 a 2,3.

6. Sistema de sensoriamento óptico, de acordo com a reivindicação 3, CARACTERIZADO pelo fato de ser constituído pela fibra óptica com extremidade clivada com ou sem polimento.

15

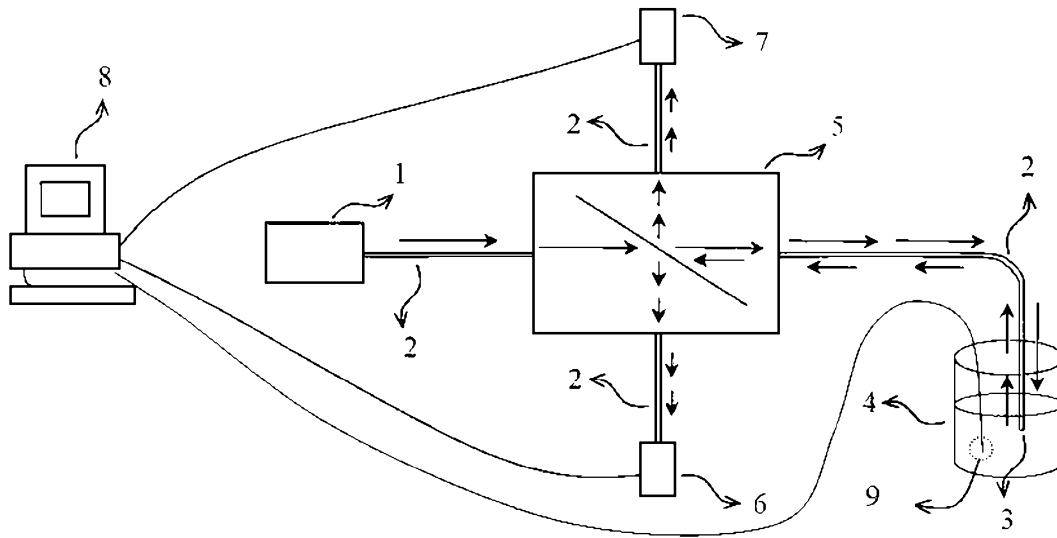


FIG. 1

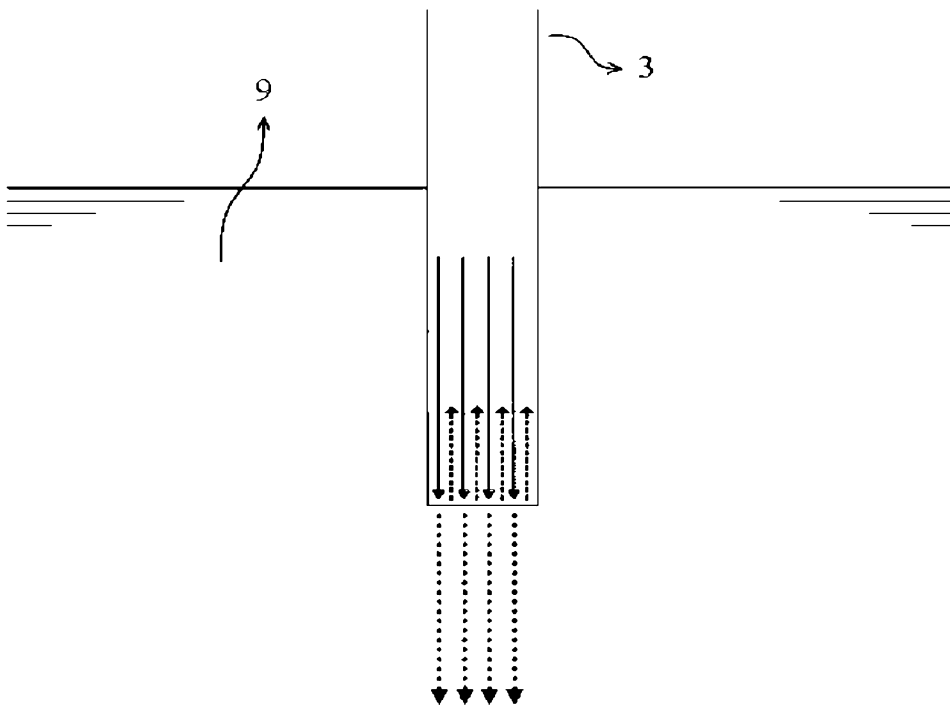


FIG. 2

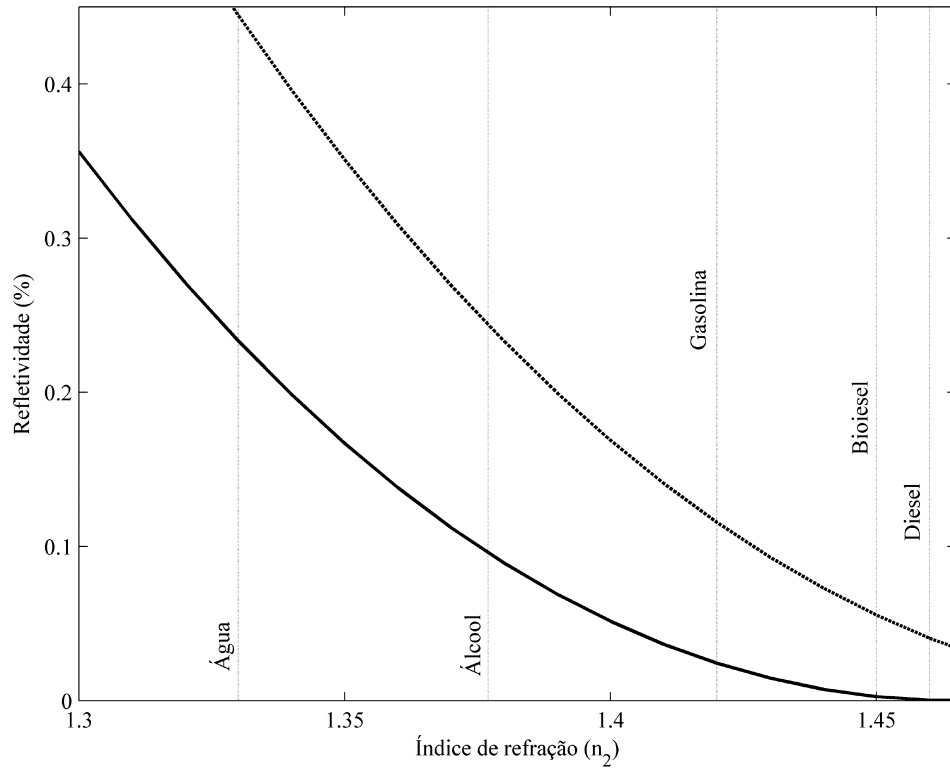


FIG. 3

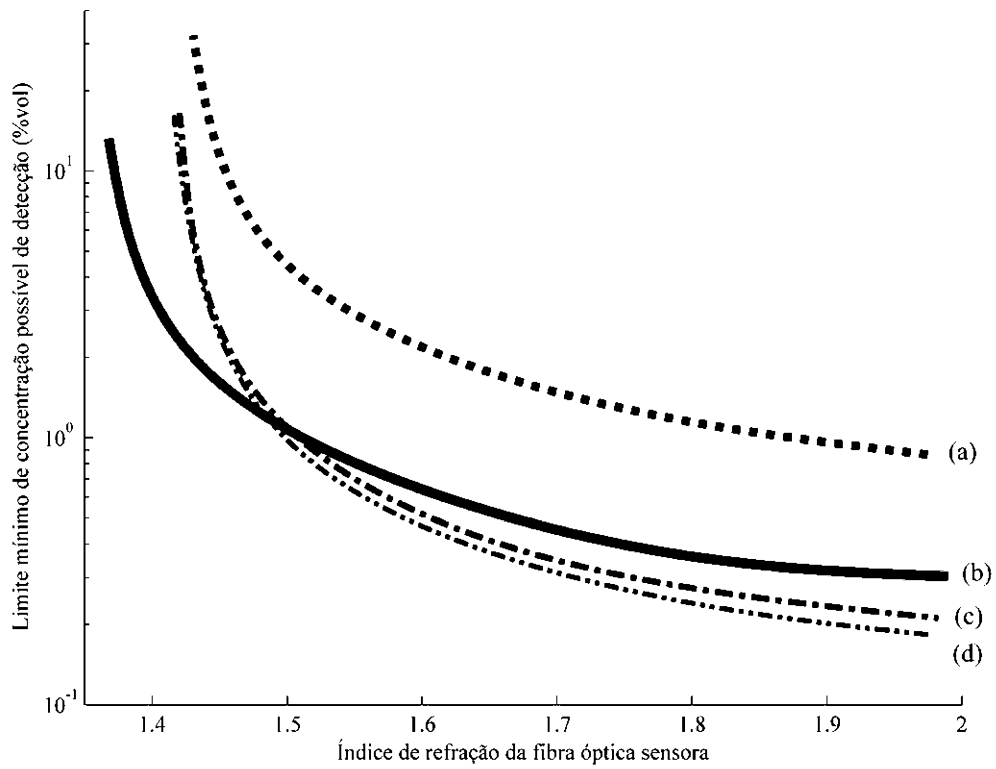


FIG. 4

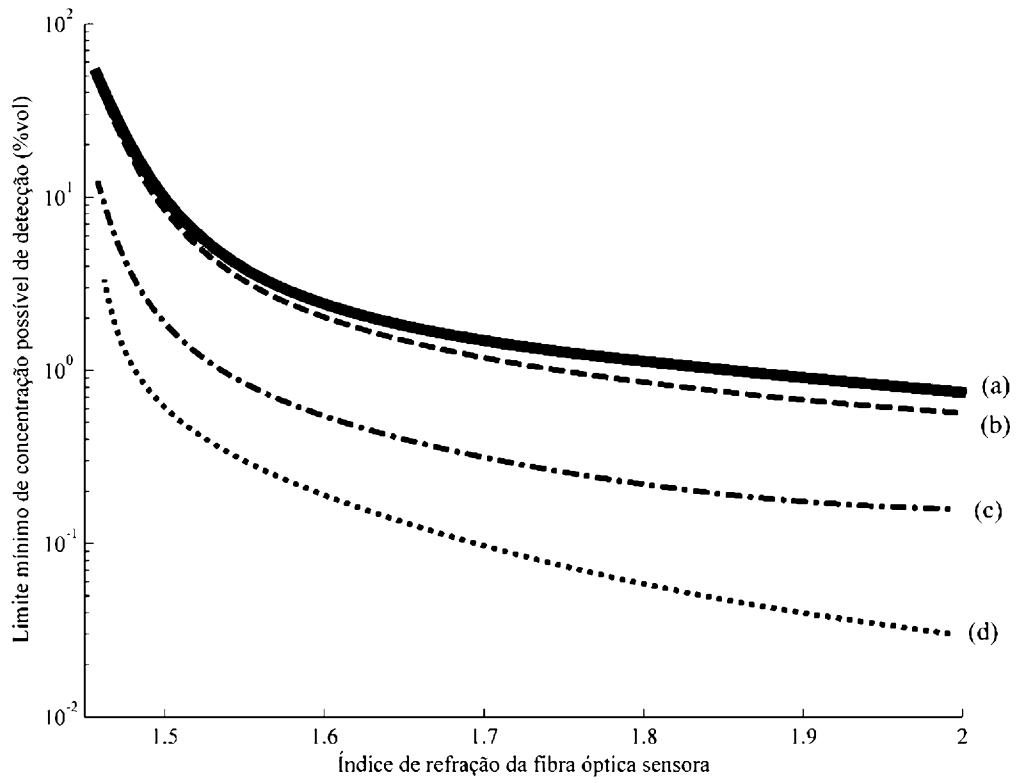


FIG. 5

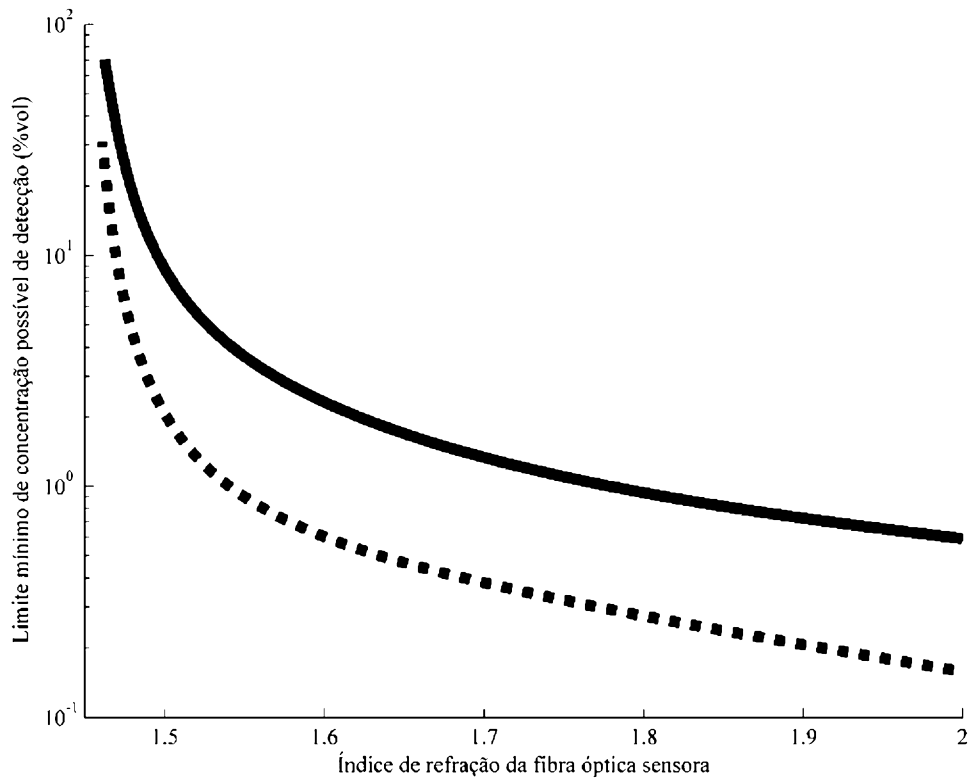
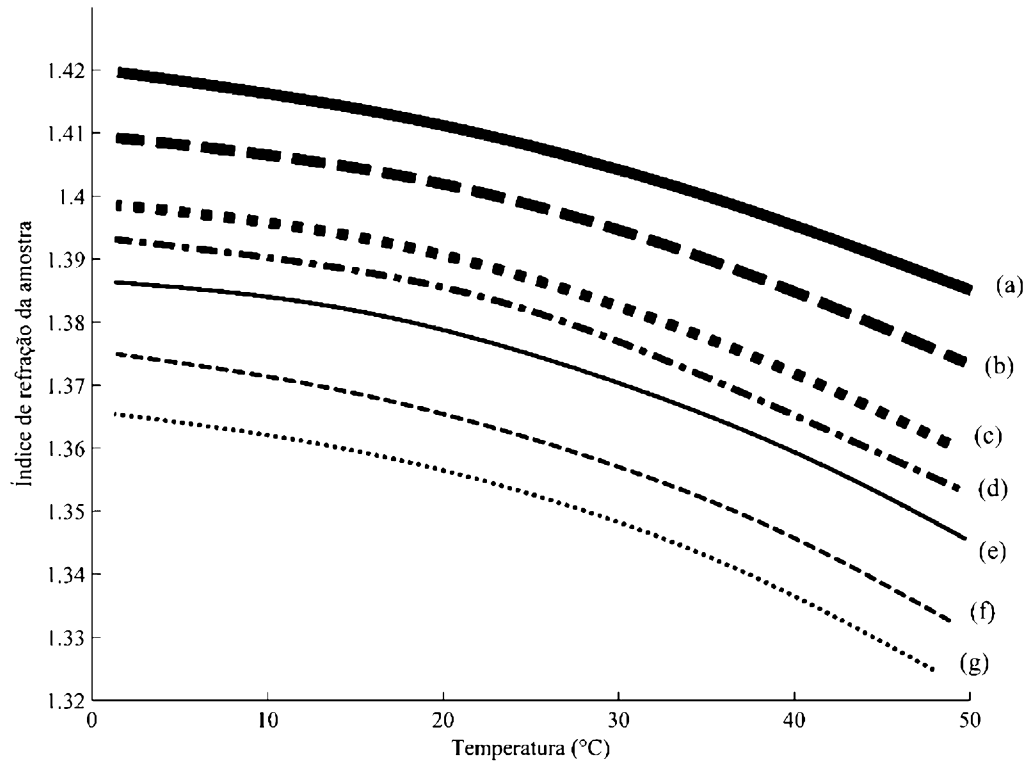


FIG. 6

**FIG. 7**