



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

(11) BR 112016002987-9 B1



(22) Data do Depósito: 25/09/2013

(45) Data de Concessão: 31/05/2022

(54) Título: SISTEMAS E MÉTODOS PARA MEDIÇÃO EM TEMPO REAL DO TEOR DE GÁS EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

(51) Int.Cl.: E21B 49/10; E21B 47/008.

(73) Titular(es): HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC..

(72) Inventor(es): IAN DAVID CAMPBELL MITCHELL.

(86) Pedido PCT: PCT US2013061668 de 25/09/2013

(87) Publicação PCT: WO 2015/047247 de 02/04/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/02/2016

(57) Resumo: SISTEMAS E MÉTODOS PARA MEDIÇÃO EM TEMPO REAL DO TEOR DE GÁS EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO. São revelados sistemas e métodos para monitorar fluidos de perfuração em tempo real. Um método inclui fazer circular um fluido de perfuração para dentro e para fora de um furo perfurado, gerando um primeiro sinal de saída com um primeiro dispositivo de computação óptica disposto próximo a uma saída do furo perfurado, o primeiro dispositivo de computação óptica tendo um primeiro elemento computacional integrado configurado para interagir óticamente com o fluido de perfuração, que recebe o primeiro sinal de saída com um processador de sinal acoplado de maneira comunicável ao primeiro dispositivo de computação óptica, a determinação da concentração de um gás presente no fluido de perfuração na saída do furo perfurado com o processador de sinal e gerando um sinal de saída resultante, transmitindo o sinal de saída resultante a um ou mais dispositivos periféricos, ajustando um ou mais parâmetros de perfuração ou completação em resposta à concentração do gás presente no fluido de perfuração.

SISTEMAS E MÉTODOS PARA MEDIÇÃO EM TEMPO REAL DO TEOR DE GÁS EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

FUNDAMENTOS

[0001] A presente divulgação refere-se a sistemas e métodos para monitorar fluidos de perfuração e, mais especificamente, para medir o teor de gás em fluidos de perfuração em tempo real usando dispositivos ópticos de computação e ajustando um ou mais parâmetros de perfuração em resposta ao mesmo.

[0002] Durante a perfuração de um poço de produção de hidrocarbonetos, um fluido ou "lama" de perfuração é continuamente circulado da superfície até o fundo do furo de poço sendo perfurado e de volta à superfície novamente. O fluido de perfuração serve várias funções, sendo uma delas para transportar aparas do poço até à superfície onde são separados do fluido de perfuração. Outra função do fluido de perfuração é para esfriar a broca e prover pressão hidrostática sobre as paredes do poço de perfuração perfurado para evitar o colapso do furo de poço e o influxo resultante de gás ou líquido a partir das formações sendo perfuradas.

[0003] Analisar o fluido de perfuração conforme ele retorna para a superfície é reconhecido na indústria de petróleo e gás como uma importante primeira avaliação de uma zona de reservatório contendo hidrocarbonetos em potencial, provendo, assim, dados importantes para guiar avaliação e testes subsequentes. Tal análise e teste é comumente referida como análise de "registro de lama". Através do registro de lama, zonas do reservatório podem ser avaliadas enquanto elas estão sendo inicialmente penetradas, evitando, assim, substancialmente mudanças pós-perfuração para a formação que podem limitar a eficácia de muitas outras técnicas de avaliação.

[0004] O registro de lama frequentemente inclui a medição e análise de gases de formação presentes no fluido de perfuração conforme ele retorna à superfície. Tal análise pode ser valiosa no fornecimento de

dados sobre as espécies de gás hidrocarboneto e não hidrocarboneto que podem ser encontradas durante a perfuração. Especificamente, o conhecimento da presença e da concentração de gases hidrocarbonetos e não hidrocarbonetos em fluidos de perfuração provê uma indicação da formação confrontada pela broca de perfuração e provê uma base para determinar a exequibilidade da obtenção de hidrocarbonetos a partir do poço. A informação que tal análise provê é vital no planejamento e desenvolvimento de reservatórios de hidrocarbonetos, bem como na avaliação da capacidade e desempenho de um reservatório.

[0005] A análise de registro de lama de fluidos de perfuração é tipicamente conduzida offline usando análises de laboratório que exigem a extração de uma amostra do fluido de perfuração e um subsequente procedimento de teste controlado, normalmente conduzido em um local separado. Dependendo da análise requerida, no entanto, tal abordagem pode levar horas a dias para se completar, e até mesmo na melhor das hipóteses, um trabalho muitas vezes será concluído antes de a análise ser obtida. Embora análises retrospectivas offline possam ser satisfatórias em certos casos, elas, entretanto, não permitem capacidades de análise em tempo real ou quase real. Como resultado, controle proativo de operações de perfuração não pode ocorrer, pelo menos sem interrupções significativas de processo ocorrendo enquanto se aguardam os resultados da análise. Análises retrospectivas offline também podem ser insatisfatórias para determinar as verdadeiras características de um fluido de perfuração uma vez que as características da amostra extraída do fluido de perfuração muitas vezes muda durante o tempo de atraso entre a coleta e análise, tornando assim as propriedades da amostra não-indicativas da verdadeira composição ou característica química.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0006] As figuras a seguir são incluídas para ilustrar certos aspectos da presente divulgação e não devem ser vistas como

modalidades exclusivas. A matéria divulgada é capaz de consideráveis modificações, alterações, combinações e equivalentes em forma e função, como ocorrerá àqueles versados na técnica que venham a ter o benefício desta divulgação.

[0007] A FIG. 1 ilustra um elemento de computação integrada de exemplo, de acordo com uma ou mais modalidades.

[0008] A FIG. 2 ilustra um dispositivo óptico de computação exemplar para monitorar um fluido, de acordo com uma ou mais modalidades.

[0009] A FIG. 3 ilustra outro dispositivo óptico de computação exemplar para monitorar um fluido, de acordo com uma ou mais modalidades.

[0010] A FIG. 4 ilustra uma montagem de perfuração de furo de poço exemplar que pode empregar um ou mais dispositivos ópticos de computação para monitorar um fluido, de acordo com uma ou mais modalidades.

[0011] As FIGS. 5A-5D ilustram saídas gráficas exemplares resultantes da medição do teor de gás, de acordo com uma ou mais modalidades.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0012] A presente divulgação refere-se a sistemas e métodos para monitorar fluidos de perfuração e, mais especificamente, para medir o teor de gás em fluidos de perfuração em tempo real usando dispositivos ópticos de computação e ajustando um ou mais parâmetros de perfuração em resposta ao mesmo.

[0013] Os sistemas e métodos exemplares descritos neste documento empregam várias configurações e arranjos de dispositivos ópticos de computação, também comumente referidos como "dispositivos óptico-analíticos," para o monitoramento em tempo real ou quase real de um fluido, tal como um fluido de perfuração. Em operação, os métodos e

sistemas exemplares podem ser úteis e de outro modo vantajosos na determinação de uma ou mais propriedades ou características do fluido, tais como o tipo e a concentração de um ou mais gases presentes dentro do fluido. Os dispositivos ópticos de computação podem prover vantajosamente o monitoramento de fluido em tempo real que atualmente não pode ser realizado com análises no local em um local de trabalho ou através de análises mais detalhadas que ocorrem em um laboratório. Uma vantagem significativa e distinta desses dispositivos é que eles podem ser configurados para especificamente detectar e/ou medir um componente ou característica particular de interesse de um fluido, permitindo, assim, que análises qualitativas e/ou quantitativas do fluido ocorram sem a necessidade de extrair uma amostra e realizar análises demoradas da amostra em um laboratório externo.

[0014] Os sistemas e métodos divulgados neste documento podem ser adequados para uso na indústria de petróleo e gás uma vez que os dispositivos ópticos de computação descritos proveem um meio econômico, robusto e preciso para monitorar fluidos relacionados a petróleo/gás, tais como fluidos de perfuração. Em particular, os sistemas e métodos podem revelar-se vantajosos para uso na análise de gás de registro de lama, provendo, assim, um fluxo de dados contínuos sobre as espécies de gás hidrocarboneto e não hidrocarboneto que podem ser encontradas durante a perfuração de poços de perfuração para a exploração das reservas de hidrocarbonetos abaixo da superfície da terra. Quando o fluido de perfuração retorna para a superfície, por exemplo, ele pode conter hidrocarbonetos (e outros compostos) contidos dentro da rocha que foi perfurada, bem como hidrocarbonetos adicionais que vazaram para o furo de poço a partir da formação de rocha circundante. A medição em tempo real da abundância desses compostos de gás produzirá informação sobre o teor de hidrocarbonetos da rocha.

[0015] Tais dados podem ser fornecidos a um operador de poço

para interpretação e análise e, se necessário, o operador também pode alterar vários parâmetros de perfuração ou completação em resposta ao mesmo. Por exemplo, dependendo dos quais tipos e concentrações de gases são detectados dentro da rocha que está sendo perfurada, um operador bem pode ajustar as válvulas de produção e/ou as configurações do regulador de pressão a fim de regular o andamento da operação de perfuração e também minimizar o influxo do poço através da detecção de influxo cedo. Em outros casos, o operador de poço pode alterar as propriedades de lama em um esforço para otimizar a eficiência de perfuração ou eficiência de avaliação de formação. Outros parâmetros de perfuração e completação que podem ser alterados por um operador de poço, tendo em consideração os dados incluem alterar a cimentação planejada e/ou programa de revestimento e otimização de um projeto de completação de poço.

[0016] Em alguns casos, os dados podem revelar as quantidades excessivas de gases perigosos, ou de outro modo tóxicos sendo devolvidos para a superfície. Esses gases podem representar um potencial de perigo para a saúde dos trabalhadores da plataforma e do ambiente circundante. Em tais casos, o operador do poço pode reduzir de forma proativa a quantidade de gases perigosos/tóxicos através da introdução de um ou mais aditivos ou componentes de reparação para o fluido de perfuração.

[0017] Em outros casos, os dados podem indicar um aumento da quantidade de hidrocarbonetos viáveis no poço perfurado, tal como numa trajetória lateral, em particular, do poço. Em tais casos, o operador do poço pode manipular o plano de poço e/ou direcionamento geológico ("geosteering") de modo que o poço resultante é formado substancialmente em e através das camadas ricas em hidrocarbonetos observadas ou região. Em outras palavras, o trajeto previsto do caminho de poço pode ser manipulado ou de outra forma alterado por direcionamento geológico do equipamento de perfuração de tal forma que o poço penetra numa parte

maior dos estratos ricos em hidrocarbonetos que de outro modo teriam sido penetrados.

[0018] Através da medição do teor de gás diretamente no fluido de perfuração, não é necessário extrair uma amostra de gás do fluido para análise de gás de registro de lama. Isso pode revelar-se particularmente vantajoso uma vez que o processo de extração de gás normalmente usado em análises de gás de registro de lama não é sempre eficiente, uma vez que depende de um número de variáveis, incluindo temperatura, taxa de fluxo, viscosidade, tipo de fluido de perfuração, etc. O uso dos dispositivos ópticos de computação descritos neste documento eliminará efetivamente todas essas variáveis da análise. Ao se reduzir a variação na análise, a precisão dos resultados pode aumentar consideravelmente. A confiabilidade também é melhorada uma vez que há menos peças móveis. Além disso, o uso dos dispositivos ópticos de computação descritos neste documento reduz drasticamente o tempo de atraso entre o fluido de perfuração que sai da cabeça de poço e os resultados da medição que ficam disponíveis. Taxas de atualização também são muito melhoradas em relação aos sistemas de extração tradicionais.

[0019] Os dispositivos ópticos de computação podem ser implantados em vários pontos dentro de um sistema de circulação de fluido de perfuração para monitorar o fluido de perfuração e seu teor de gás associado. Dependendo da localização do dispositivo óptico de computação em particular, diferentes tipos de informações sobre o fluido podem ser obtidos. Em alguns casos, por exemplo, os dispositivos ópticos de computação podem ser usados para monitorar o tipo e concentração de gases ali antes e depois de o fluido de perfuração circular para dentro e para fora de um furo de poço. Em outros casos, os dispositivos ópticos de computação podem ser usados para analisar uma amostra de gás extraída em tempo real após a sua extração do fluido de perfuração através de um processo de amostragem de fluido de perfuração tradicional. Em outros

casos, os dispositivos ópticos de computação podem ser usados para monitorar o fluido de perfuração em ou perto de um dispositivo de regulação de pressão de poço, de modo a registrar concentrações de gás em tempo real do fluido de perfuração enquanto o fluido de perfuração circula em condições de poço.

[0020] Como usado aqui, o termo "fluido" refere-se a qualquer substância que é capaz de fluir, incluindo sólidos particulados, líquidos, gases, suspensões, emulsões, pós, lamas, misturas, combinações dos mesmos, e semelhantes. Em algumas modalidades, o fluido é um fluido de perfuração ou "lama" de perfuração, incluindo fluidos de perfuração à base de água, fluidos de perfuração à base de petróleo, fluidos de perfuração sintéticos, e semelhantes. Em outras modalidades, o fluido pode ser um fluido de completação ou um fluido de limpeza tal como, mas não se limitando a, água doce, água salgada (*por exemplo*, água contendo um ou mais sais dissolvidos nela), salmoura (*por exemplo*, água salgada saturada, sais de cloreto, sais de brometo, combinações dos mesmo, etc.), água do mar, um fluido espaçador, fluidos básicos ou outros fluidos de tratamento conhecidos na técnica.

[0021] Como usado neste documento, o termo "característica" refere-se a uma propriedade física, mecânica ou química do fluido. Uma característica do fluido pode incluir um valor quantitativo ou concentração de um ou mais constituintes ou compostos químicos presentes dentro do fluido. Tais constituintes químicos podem ser referidos neste documento como "analitos." Características ilustrativas de uma substância que podem ser monitoradas com os dispositivos ópticos de computação divulgados neste documento podem incluir, por exemplo, composição química (*por exemplo*, identidade e concentração em componentes ou compostos totais ou individuais), presença de fase (*por exemplo*, gás, petróleo, água, etc.), teor de impureza, pH, alcalinidade, viscosidade, densidade, força iônica, sólidos totais dissolvidos, teor de sal (*por exemplo*, salinidade), porosidade ,

opacidade, teor de bactérias, dureza total, combinações dos mesmos, estado da matéria (sólido, líquido, gasoso, emulsões, misturas, etc.) e semelhantes.

[0022] Além disso, a expressão "característica de interesse de/em um fluido" pode ser usada neste documento para referir-se à concentração ou característica de um gás contido em ou de outro modo arrastado dentro do fluido. Gases exemplares que podem ser monitorados ou de outra forma medidos com os dispositivos ópticos de computação como contidos dentro de um fluido de perfuração, por exemplo, incluem, mas não estão limitados a, metano, etano, propano, n-butano, n-pentano, iso-butano, iso-pentano, neo-pentano, benzeno, tolueno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, ácido acético, argônio, hélio, oxigênio, nitrogênio, água, hidrogênio, sulfeto de carbonila, bissulfeto de carbono, e qualquer combinação dos mesmos.

[0023] Como usado neste documento, o termo "caminho de fluxo" refere-se a uma rota através da qual um fluido é capaz de ser transportado entre pelo menos dois pontos. Em alguns casos, o caminho de fluxo não precisa ser contínuo ou contíguo de outra forma entre os dois pontos. Caminhos de fluxo exemplares incluem, mas não são limitados a, uma linha de fluxo, um oleoduto, tubulação de produção, coluna de perfuração, coluna de trabalho, invólucro, um furo de poço, um anel definido entre um furo de poço e qualquer tubo arranjado dentro do furo de poço, um poço de lama, uma formação subterrânea, etc., combinações dos mesmos, ou semelhantes. Deve ser notado que o termo "caminho de fluxo" não implica necessariamente que um fluido flui nele, e sim que um fluido é capaz de ser transportado ou fluível de outra forma através do mesmo.

[0024] Como usado aqui, o termo "radiação eletromagnética" refere-se às ondas de rádio, radiação de micro-ondas, radiação infravermelha e infravermelha próxima, luz visível, luz ultravioleta, radiação de raios-x e radiação de raios gama.

[0025] Como usado neste documento, o termo "dispositivo óptico de computação" refere-se a um dispositivo óptico que está configurado para receber uma entrada de radiação eletromagnética associada com um fluido e produzir uma saída de radiação eletromagnética de um elemento de processamento arranjado dentro do dispositivo óptico de computação. O elemento de processamento pode ser, por exemplo, um elemento de computação integrado (ICE), também conhecido como um elemento óptico multivariado (MOE), usado no dispositivo óptico de computação. A radiação eletromagnética que interage opticamente com o elemento de processamento é alterada de forma a ser legível por um detector, de modo tal que uma saída do detector possa ser correlacionada a uma característica do fluido, tal como o tipo e concentração de um gás no fluido. A saída de radiação eletromagnética do elemento de processamento pode ser radiação eletromagnética refletida, radiação eletromagnética transmitida, e/ou radiação eletromagnética dispersa. Se o detector analisa radiação eletromagnética refletida, transmitida, ou dispersa pode ser ditado pelos parâmetros estruturais do dispositivo óptico de computação, bem como outras considerações conhecidas por aqueles versados na técnica. Além disso, a emissão e/ou dispersão do fluido, por exemplo, através de fluorescência, luminescência, dispersão de Raman, de Mie, e/ou de Rayleigh, também pode ser monitorada por dispositivos ópticos de computação.

[0026] Como usado neste documento, o termo "interagir opticamente" ou variações do mesmo refere-se à reflexão, transmissão, dispersão, difração ou absorção de radiação eletromagnética em, através de, ou a partir de um ou mais elementos de processamento (*ou seja*, elementos computacionais integrados ou elementos ópticos multivariados), um fluido ou um gás presente dentro do fluido. Por conseguinte, luz opticamente interagida refere-se à radiação eletromagnética que foi refletida, transmitida, dispersa, difratada, ou absorvida por, emitida ou

reirradiada, por exemplo, usando um elemento de processamento, mas também pode se aplicar à interação com um fluido ou um gás arrastado dentro do fluido.

[0027] Os sistemas e métodos exemplares descritos neste documento incluem pelo menos um dispositivo óptico de computação arranjado ao longo de ou em um caminho de fluxo a fim de monitorar um fluido contido ali. Cada dispositivo óptico de computação pode incluir uma fonte de radiação eletromagnética, pelo menos um elemento de processamento (*por exemplo*, um elemento de computação integrado) e pelo menos um detector arranjados para receber luz opticamente interagida a partir do pelo menos um elemento de processamento ou do fluido. Em algumas modalidades, os dispositivos ópticos de computação exemplares podem ser configurados especificamente para detectar, analisar e medir quantitativamente uma característica particular do fluido, tal como o tipo e concentração de um gás presente dentro do fluido. Em outras modalidades, os dispositivos ópticos de computação podem ser dispositivos ópticos de propósito geral, com processamento pós-aquisição (*por exemplo*, através de meios de computador) sendo usado para detectar especificamente a característica do fluido.

[0028] Os atualmente descritos dispositivos ópticos de computação podem desempenhar cálculos (análises) em tempo real ou quase real sem a necessidade de um processamento demorado da amostra. Além disso, os dispositivos ópticos de computação exemplares podem ser configurados especificamente para detectar e analisar características particulares de um fluido ou um gás presente dentro do fluido. Como resultado, sinais interferentes são discriminados daqueles de interesse no fluido pela configuração apropriada dos dispositivos ópticos de computação, de modo tal que os dispositivos ópticos de computação provejam uma resposta rápida no que diz respeito às características do fluido como baseado na saída detectada. Em algumas modalidades, a saída detectada pode ser

convertida em uma voltagem que é distintiva da magnitude da característica do fluido.

[0029] Os dispositivos ópticos de computação podem ser configurados para detectar não somente a composição e concentrações de um gás dentro de um fluido, mas eles também podem ser configurados para determinar propriedades físicas e outras características do fluido e/ou do gás com base em uma análise da radiação eletromagnética recebida do fluido e/ou do gás. Por exemplo, os dispositivos ópticos de computação podem ser configurados para determinar a concentração de um analito e correlacionar a concentração determinada a uma característica do fluido. Como será apreciado, os dispositivos ópticos de computação podem ser configurados para detectar o maior número de características (*por exemplo*, compostos de gás e as suas respectivas concentrações) do fluido quantas forem desejadas. Tudo o que é necessário para realizar o monitoramento de múltiplas características é a incorporação de meios adequados de processamento e detecção dentro do dispositivo de computação óptico para cada característica. Em algumas modalidades, as propriedades do fluido podem ser uma combinação das propriedades dos analitos ali (*por exemplo*, uma combinação linear, não-linear, logarítmica e/ou exponencial). Por conseguinte, quanto mais características e analitos são detectados e analisados usando os dispositivos ópticos de computação, mais precisamente serão determinadas as propriedades do dado fluido e/ou gás.

[0030] Os dispositivos ópticos de computação descritos neste documento utilizam radiação eletromagnética para desempenhar cálculos, ao contrário dos circuitos com fio (hardwired) de processadores eletrônicos convencionais. Quando a radiação eletromagnética interage com um fluido, informações físicas e químicas únicas sobre o fluido são codificadas na radiação eletromagnética que é refletida a partir do, transmitida através do ou irradiada a partir do fluido. Essa informação é frequentemente referida como a "impressão digital" espectral do fluido. Os dispositivos ópticos de

computação descritos neste documento são capazes de extrair a informação da impressão digital espectral de múltiplas características ou analitos dentro de um fluido e converter essa informação em uma saída detectável relacionada a uma ou mais características do fluido ou de um gás presente dentro do fluido. Ou seja, por meio de configurações adequadas dos dispositivos ópticos de computação, radiação eletromagnética associada a uma característica ou analito de interesse de um fluido pode ser separada da radiação eletromagnética associada com todos os outros componentes do fluido a fim de estimar as propriedades do fluido em tempo real ou quase real.

[0031] Os elementos de processamento usados nos dispositivos ópticos de computação exemplares descritos neste documento podem ser caracterizados como elementos de computação integrados (ICE). Cada ICE é capaz de distinguir radiação eletromagnética relacionada com a característica de interesse da radiação eletromagnética relacionada com outros componentes de um fluido. Com referência à FIG. 1, é ilustrado um ICE 100 de exemplo adequado para uso nos dispositivos ópticos de computação usados nos sistemas e métodos descritos neste documento. Conforme ilustrado, o ICE 100 pode incluir uma pluralidade de camadas alternadas 102 e 104, tais como silício (Si) e SiO_2 (quartzo), respectivamente. Em geral, essas camadas 102, 104 consistem em materiais cujo índice de refração é alto e baixo, respectivamente. Outros exemplos podem incluir nióbia e nióbio, germânio e germania, MgF, SiO, e outros materiais de alto e baixo índice conhecidos na técnica. As camadas 102, 104 podem ser estrategicamente depositadas sobre um substrato óptico 106. Em algumas modalidades, o substrato óptico 106 é vidro óptico BK-7. Em outras modalidades, o substrato óptico 106 pode ser outro tipo de substrato óptico, tal como quartzo, safira, silício, germânio, selenieto de zinco, sulfeto de zinco ou vários plásticos, tais como polycarbonato, polimetilmetacrilato (PMMA), cloreto de polivinila (PVC), diamante,

cerâmica, combinações dos mesmos e semelhantes.

[0032] Na extremidade oposta (*por exemplo*, oposta ao substrato óptico 106 na FIG. 1), o ICE 100 pode incluir uma camada 108 que geralmente é exposta ao ambiente do dispositivo ou instalação. O número de camadas 102, 104 e a espessura de cada camada 102, 104 são determinados a partir dos atributos espectrais adquiridos a partir de uma análise espectroscópica de uma característica do fluido usando um instrumento espectroscópico convencional. O espectro de interesse de uma dada característica tipicamente inclui qualquer número de diferentes comprimentos de onda. Deve-se entender que o ICE 100 de exemplo na FIG. 1 na verdade não representa qualquer característica particular de um dado fluido, mas é provido para fins de ilustração somente. Consequentemente, a quantidade de camadas 102, 104 e suas espessuras relativas, conforme mostrado na FIG. 1, não têm nenhuma correlação com qualquer característica particular. Nem as camadas 102, 104 e suas espessuras relativas estão necessariamente desenhadas em escala e, portanto, não devem ser consideradas limitantes da presente divulgação. Além disso, aqueles versados na técnica facilmente reconhecerão que os materiais que compõem cada camada 102, 104 (*ou seja*, Si e SiO₂) podem variar, dependendo da aplicação, do custo dos materiais e/ou da aplicabilidade do material para o dado fluido.

[0033] Em algumas modalidades, o material de cada camada 102, 104 pode ser dopado ou dois ou mais materiais podem ser combinados de maneira a atingir a característica óptica desejada. Além de sólidos, o ICE 100 de exemplo também pode conter líquidos e/ou gases, opcionalmente em combinação com sólidos, a fim de produzir uma característica óptica desejada. No caso de gases e líquidos, o ICE 100 pode conter um recipiente correspondente (não mostrado), que armazena os gases ou líquidos. Variações exemplares do ICE 100 também podem incluir elementos ópticos holográficos, gradeamentos, piezoelétricos, tubo de luz,

tubo de luz digital (DLP), e/ou elementos óptico-acústicos, por exemplo, que podem criar as propriedades de transmissão, reflexão e/ou absorção de interesse.

[0034] As múltiplas camadas 102, 104 exibem diferentes índices de refração. Ao selecionar de forma apropriada os materiais das camadas 102, 104 e sua relativa espessura e espaçamento, o ICE 100 pode ser configurado para seletivamente passar/refletir/refratar frações predeterminadas da radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de onda. Dá-se a cada comprimento de onda um fator de ponderação ou carga predeterminado. A espessura e o espaçamento das camadas 102, 104 podem ser determinados usando uma variedade de métodos de aproximação do espectrógrafo da característica ou analito de interesse. Esses métodos podem incluir transformada de Fourier inversa (IFT) do espectro de transmissão óptico e estruturação do ICE 100 como a representação física da IFT. As aproximações convertem a IFT em uma estrutura baseada em materiais conhecidos com índices de refração constantes.

[0035] As ponderações que as camadas 102, 104 do ICE 100 aplicam em cada comprimento de onda são configuradas para as ponderações de regressão descritas em relação a uma equação, ou dados, ou assinatura espectral conhecidos. Brevemente, o ICE 100 pode ser configurado para desempenhar o produto escalar do feixe luminoso de entrada no ICE 100 e um vetor de regressão carregado desejado representado por cada camada 102, 104 para cada comprimento de onda. Como resultado, a intensidade da luz de saída do ICE 100 está relacionada com a característica ou analito de interesse.

[0036] Agora, com referência à FIG. 2, é ilustrado um dispositivo óptico de computação exemplar 200 para o monitoramento de um fluido 202, de acordo com uma ou mais modalidades. Na modalidade ilustrada, o fluido 202 pode estar contido ou fluindo de outra forma dentro de um

caminho de fluxo 204 exemplar. O caminho de fluxo 204 pode ser uma linha de fluxo, um oleoduto, um furo de poço, um anel definido dentro de um furo de poço, ou quaisquer linhas de fluxo ou oleodutos que se estendem para/a partir de um furo de poço. O fluido 202 presente dentro do caminho de fluxo 204 pode estar fluindo na direção geral indicada pelas setas (*ou seja*, de a montante para a jusante). Porções do caminho de fluxo 204 podem ser arranjadas substancialmente verticalmente, substancialmente horizontalmente, ou qualquer configuração direcional entre as mesmas, sem se afastar do escopo da divulgação.

[0037] O dispositivo óptico de computação 200 pode ser configurado para determinar uma característica de interesse no fluido 202, tal como o tipo e/ou concentração de um gás presente dentro do fluido 202. Em algumas modalidades, o dispositivo 200 pode incluir uma fonte de radiação eletromagnética 208 configurada para emitir ou gerar radiação eletromagnética 210 de outra forma. A fonte de radiação eletromagnética 208 pode ser qualquer dispositivo capaz de emitir ou gerar radiação eletromagnética, como definido neste documento. Por exemplo, a fonte de radiação eletromagnética 208 pode ser uma lâmpada, um diodo emissor de luz (LED), um laser, um corpo negro, um cristal fotônico, uma fonte de raios-x, combinações dos mesmos ou semelhantes. Em algumas modalidades, uma lente 212 pode ser configurada para coletar ou, de outra forma, receber a radiação eletromagnética 210 e direcionar um feixe 214 de radiação eletromagnética 210 em direção ao fluido 202. A lente 212 pode ser qualquer tipo de dispositivo óptico configurado para transmitir ou de outra forma transferir a radiação eletromagnética 210 como desejado, tal como uma lente normal, uma lente de Fresnel, um elemento óptico de difração, um elemento gráfico holográfico, um espelho (*por exemplo*, um espelho de focagem), ou um tipo de colimador. Em outras modalidades, a lente 212 pode ser omitida do dispositivo 200 e a radiação eletromagnética 210, em vez disso, pode ser direcionada para o fluido 202 diretamente a

partir da fonte de radiação eletromagnética 208.

[0038] Em uma ou mais modalidades, o dispositivo 200 também pode incluir uma janela de amostragem 216 arranjada adjacente a ou de outra forma em contato com o fluido 202 para fins de detecção. A janela de amostragem 216 pode ser feita a partir de uma variedade de materiais transparentes rígidos ou semirrígidos que são configurados para permitir a transmissão da radiação eletromagnética 210 através dos mesmos. Por exemplo, a janela de amostragem 216 pode ser feita de, mas não limitada a, vidros, plásticos, semicondutores, materiais cristalinos, materiais policristalinos, pós prensados a quente ou a frios, combinações dos mesmos, ou semelhantes. Depois de passar através da janela de amostragem 216, a radiação eletromagnética 210 colide e interage opticamente com o fluido 202. Como resultado, radiação opticamente interagida 218 é gerada por e refletida a partir do fluido 202. Aqueles versados na técnica, no entanto, facilmente reconhecerão que variações alternativas do dispositivo 200 podem permitir que a radiação opticamente interagida 218 seja gerada ao ser transmitida, dispersa, difratada, absorvida, emitida ou reirradiada por e/ou a partir do fluido 202, sem se afastar do escopo da divulgação.

[0039] A radiação opticamente interagida 218 gerada pela interação com o fluido 202 pode ser direcionada para ou pode ser recebida de outra forma por um ICE 220 arranjado dentro do dispositivo 200. O ICE 220 pode ser um componente espectral substancialmente semelhante ao ICE 100 descrito acima com referência à FIG. 1. Por conseguinte, em operação, o ICE 220 pode ser configurado para receber a radiação opticamente interagida 218 e produzir radiação eletromagnética modificada 222 correspondente a uma característica particular do fluido 202. Em particular, a radiação eletromagnética modificada 222 é radiação eletromagnética que interagiu opticamente com o ICE 220, por meio do que uma aproximação do vetor de regressão correspondente à característica do

fluido 202 é obtida.

[0040] Embora a FIG. 2 retrate o ICE 220 como recebendo radiação eletromagnética refletida a partir do fluido 202, o ICE 220 pode ser arranjado em qualquer ponto ao longo do trem óptico do dispositivo 200, sem se afastar do escopo da divulgação. Por exemplo, em uma ou mais modalidades, o ICE 220 (como mostrado em linha pontilhada) pode ser arranjado dentro do trem óptico antes da janela de amostragem 216 e igualmente obter substancialmente os mesmos resultados. Em outras modalidades, o ICE 220 pode gerar a radiação eletromagnética modificada 222 através de reflexão, em vez de transmissão através do mesmo.

[0041] Além disso, embora somente um ICE 220 seja mostrado no dispositivo 200, modalidades são contempladas neste documento as quais incluem o uso de pelo menos dois componentes ICE no dispositivo 200 configurados para determinar cooperativamente a característica de interesse no fluido 202. Por exemplo, dois ou mais ICE podem ser arranjados em série ou paralelo dentro do dispositivo 200 e configurados para receber a radiação opticamente interagida 218 e, assim, potencializar as sensibilidades e limites de detector do dispositivo 200. Em outras modalidades, dois ou mais ICE podem ser arranjados em uma montagem móvel, tal como um disco rotativo ou um arranjo linear oscilante, a qual se move de modo tal que componentes de ICE individuais sejam capazes de serem expostos a ou, de outra forma, interagir opticamente com radiação eletromagnética por um período de tempo breve e distinto. Os dois ou mais componentes de ICE em qualquer uma dessas modalidades podem ser configurados para serem associados ou desassociados com a característica de interesse no fluido 202. Em outras modalidades, os dois ou mais ICE podem ser configurados para serem positiva ou negativamente correlacionados com a característica de interesse no fluido 202.

[0042] Em algumas modalidades, pode ser desejável monitorar mais do que uma característica de interesse de cada vez usando o

dispositivo 200, tal como detectar vários tipos ou compostos de gases dentro do fluido 202. Em tais modalidades, várias configurações para múltiplos componentes de ICE podem ser usadas, onde cada componente de ICE é configurado para detectar uma característica de interesse particular e/ou distinta. Em algumas modalidades, a característica pode ser analisada sequencialmente usando múltiplos componentes de ICE que são providos com um feixe único de radiação eletromagnética sendo refletido a partir de ou transmitido através do fluido 202. Em algumas modalidades, múltiplos componentes de ICE podem ser arranjados em um disco rotativo, onde os componentes de ICE individuais são somente expostos ao feixe de radiação eletromagnética por um curto período de tempo. As vantagens dessa abordagem podem incluir a capacidade de analisar múltiplas características do fluido 202 usando um único dispositivo óptico de computação 200 e a oportunidade de testar características adicionais (*por exemplo*, tipos ou compostos de gases dentro do fluido 202) simplesmente pela adição de componentes de ICE adicionais no disco rotativo.

[0043] Em outras modalidades, vários dispositivos ópticos de computação podem ser colocados em um único local ao longo do caminho de fluxo 204, onde cada dispositivo óptico de computação contém um único ICE que é configurado para detectar uma característica de interesse particular no fluido 202. Em tais modalidades, um divisor de feixe pode desviar uma porção da radiação eletromagnética sendo refletida por, emitida a partir de, ou transmitida através do fluido 202 e para cada dispositivo óptico de computação. Cada dispositivo óptico de computação, por sua vez, pode ser acoplado a um detector correspondente ou arranjo de detector que é configurado para detectar e analisar uma saída de radiação eletromagnética do respectivo dispositivo óptico de computação. Configurações paralelas dos dispositivos ópticos de computação podem ser particularmente benéficas para aplicações que exigem entradas de baixa potência e/ou nenhuma peça móvel.

[0044] Aqueles versados na técnica apreciarão que qualquer uma das configurações acima pode adicionalmente ser usada em combinação com uma configuração em série em qualquer uma das presentes modalidades. Por exemplo, dois dispositivos ópticos de computação com um disco rotativo com uma pluralidade de componentes de ICE dispostos ali podem ser colocados em série para o desempenho de uma análise em um único local ao longo do comprimento do caminho de fluxo 204. Da mesma forma, múltiplas estações de detecção, cada uma contendo dispositivos ópticos de computação em paralelo, podem ser colocadas em série para o desempenho de uma análise semelhante.

[0045] A radiação eletromagnética modificada 222 gerada pelo ICE 220 pode ser transferida subsequentemente para um detector 224 para a quantificação do sinal. O detector 224 pode ser qualquer dispositivo capaz de detectar radiação eletromagnética e pode geralmente ser caracterizado como um transdutor óptico. Em algumas modalidades, o detector 224 pode ser, mas não limitado a, um detector térmico, tal como um detector de termopilha ou fotoacústico, um detector semiconductor, um detector piezoelétrico, um detector de dispositivo acoplado a carga (CCD), um detector de vídeo ou arranjo, um detector de divisão (split), um detector de fótons (tal como um tubo fotomultiplicador), fotodiodos, combinações dos mesmos, ou semelhantes, ou outros detectores conhecidos por aqueles versados na técnica.

[0046] Em algumas modalidades, o detector 224 pode ser configurado para produzir um sinal de saída 226 em tempo real ou quase real na forma de uma voltagem (ou corrente) que corresponde a característica de interesse particular no fluido 202. A voltagem retornada pelo detector 224 é essencialmente o produto escalar da interação óptica da radiação opticamente interagida 218 com o respectivo ICE 220 como uma função da concentração da característica de interesse do fluido 202. Como tal, o sinal de saída 226 produzido pelo detector 224 e a

concentração da característica podem estar relacionados, por exemplo, diretamente proporcionais. Em outras modalidades, no entanto, a relação pode corresponder a uma função polinomial, uma função exponencial, uma função logarítmica ou uma combinação das mesmas.

[0047] Em algumas modalidades, o dispositivo 200 pode incluir um segundo detector 228, o qual pode ser semelhante ao primeiro detector 224 em que ele pode ser qualquer dispositivo capaz de detectar radiação eletromagnética. O segundo detector 228 pode ser usado para detectar desvios radiantes decorrentes da fonte de radiação eletromagnética 208. Desvios radiantes indesejáveis podem ocorrer na intensidade da radiação eletromagnética 210 devido a uma grande variedade de razões e causando potencialmente vários efeitos negativos no dispositivo 200. Esses efeitos negativos podem ser particularmente prejudiciais para as medições efetuadas durante um período de tempo. Em algumas modalidades, desvios radiantes podem ocorrer como resultado de um acúmulo de filme ou material na janela de amostragem 216 que tem o efeito de reduzir a quantidade e a qualidade da luz que finalmente alcança o primeiro detector 224. Sem uma compensação adequada, tais desvios radiantes poderiam resultar em leituras falsas e o sinal de saída 226 já não seria essencialmente ou precisamente relacionado com a característica de interesse.

[0048] Para compensar esses tipos de efeitos indesejáveis, o segundo detector 228 pode ser configurado para gerar um sinal compensador 230 geralmente indicativo dos desvios radiantes da fonte de radiação eletromagnética 208 e, assim, normalizar o sinal de saída 226 gerado pelo primeiro detector 224. Como ilustrado, o segundo detector 228 pode ser configurado para receber uma porção da radiação opticamente interagida 218 através de um separador de feixes 232 a fim de detectar os desvios radiantes. Em outras modalidades, no entanto, o segundo detector 228 pode ser arranjado para receber radiação eletromagnética a partir de

qualquer porção do trem óptico no dispositivo 200 a fim de detectar os desvios radiantes, sem se afastar do escopo da divulgação.

[0049] Em algumas aplicações, o sinal de saída 226 e o sinal compensador 230 podem ser transferidos para ou recebidos de outra forma por um processador de sinal 234 acoplado de forma comunicável a ambos os detectores 224, 228. O processador de sinal 234 pode ser um computador incluindo um processador e um meio de armazenamento legível por máquina com instruções armazenadas ali, o qual, quando executado pelo processador 234, faz com que o dispositivo óptico de computação 200 desempenhe um número de operações, tais como determinar uma característica de interesse do fluido 202. Por exemplo, a concentração de cada característica detectada com o dispositivo óptico de computação 200 pode ser alimentada em um algoritmo operado pelo processador de sinal 234. O algoritmo pode ser parte de uma rede neural artificial configurada para usar a concentração de cada característica detectada a fim de avaliar a(s) característica(s) geral(is) ou a qualidade do fluido 202.

[0050] O processador de sinal 234 também pode ser configurado para combinar computacionalmente o sinal compensador 230 com o sinal de saída 226 a fim de normalizar o sinal de saída 226 tendo em conta quaisquer desvios radiantes detectados pelo segundo detector 228. Combinar computacionalmente os sinais de saída e compensador 226, 230 pode implicar em calcular uma razão entre os dois sinais 226, 230. Por exemplo, a concentração ou magnitude de cada característica determinada usando o dispositivo óptico de computação 200 pode ser alimentada em um algoritmo executado pelo processador de sinal 234. O algoritmo pode ser configurado para fazer previsões sobre como as características do fluido 202 mudam se as concentrações de um ou mais componentes ou aditivos forem alteradas uma em relação à outra.

[0051] Em tempo real ou quase real, o processador de sinal 234

pode ser configurado para prover um sinal de saída resultante 236 correspondendo à característica de interesse no fluido 202, tal como a concentração de um gás presente no fluido 202. O sinal de saída resultante 236 pode ser legível por um operador que pode considerar os resultados e fazer ajustes adequados ou tomar as medidas adequadas, se necessário. Em algumas modalidades, a saída de sinal resultante 236 pode ser transferida, com fio ou sem fio, para um operador para consideração. Em outras modalidades, o sinal de saída resultante 236 pode ser reconhecido pelo processador de sinal 234 como estando dentro ou fora de uma faixa predeterminada ou pré-programada de operação adequada e pode alertar o operador de uma leitura fora do alcance de modo que ações corretivas apropriadas possam ser tomadas, ou, de outra forma, empregar de forma autônoma as ações corretivas apropriadas, de modo tal que o sinal de saída resultante 236 retorne a um valor dentro da faixa predeterminada ou pré-programada de operação adequada.

[0052] Agora, com referência à FIG. 3, é ilustrado outro dispositivo óptico de computação exemplar 300 para monitorar o fluido 202, de acordo com uma ou mais modalidades. O dispositivo óptico de computação 300 pode ser semelhante em alguns aspectos ao dispositivo óptico de computação 200 da FIG. 2 e, portanto, pode ser melhor compreendido com referência ao mesmo onde numerais iguais indicam elementos iguais que não serão descritos novamente. Mais uma vez, o dispositivo óptico de computação 300 pode ser configurado para determinar a concentração de uma característica de interesse no fluido 202, tal como a concentração de um gás dentro do fluido 202, como contido dentro do caminho de fluxo 204. Ao contrário do dispositivo 200 da FIG. 2, no entanto, o dispositivo óptico de computação 300 na FIG. 3 pode ser configurado para transmitir a radiação eletromagnética 210 através do fluido 202 por meio de uma primeira janela de amostragem 302a e uma segunda janela de amostragem 302b arranjada de forma radialmente oposta à primeira janela de amostragem 302a no

caminho de fluxo 204. A primeira e a segunda janelas de amostragem 302a, b podem ser semelhantes à janela de amostragem 216 descrita acima na FIG. 2 e, portanto, não serão descritas novamente.

[0053] À medida que a radiação eletromagnética 210 passa através do fluido 202 por meio da primeira e da segunda janelas de amostragem 302a,b, ela interage opticamente com o fluido 202 e a radiação opticamente interagida 218 é direcionada subsequentemente para ou recebida de outra forma pelo ICE 220 como arranjado dentro do dispositivo 300. Nota-se novamente que, embora a FIG. 3 retrate o ICE 220 como recebendo a radiação opticamente interagida 218 como transmitida através das janelas de amostragem 302a,b, o ICE 220 pode ser igualmente arranjado em qualquer ponto ao longo do trem óptico do dispositivo 300, sem se afastar do escopo da divulgação. Por exemplo, em uma ou mais modalidades, o ICE 220 pode ser arranjado dentro do trem óptico antes da primeira janela de amostragem 302a e igualmente obter substancialmente os mesmos resultados. Em ainda outras modalidades, o ICE 220 pode gerar a radiação eletromagnética modificada 222 através de reflexão, em vez de transmissão através do mesmo. Além disso, como com o dispositivo 200 da FIG. 2, modalidades são contempladas neste documento as quais incluem o uso de pelo menos dois componentes de ICE no dispositivo 300 configurado para determinar cooperativamente a característica de interesse no fluido 202.

[0054] A radiação eletromagnética modificada 222 gerada pelo ICE 220 é subsequentemente transmitida ao detector 224 para quantificação do sinal e a geração do sinal de saída 226 que corresponde à característica de interesse particular no fluido 202. O dispositivo 300 também pode incluir o segundo detector 228 para detectar desvios radiantes decorrentes da fonte de radiação eletromagnética 208. Como ilustrado, o segundo detector 228 pode ser configurado para receber uma porção da radiação opticamente interagida 218 através do separador de feixes 232 a fim de detectar os

desvios radiantes. O sinal de saída 226 e o sinal de compensação 230 podem então ser transferidos para ou recebidos de outra forma pelo processador de sinal 234 o qual pode combinar computacionalmente os dois sinais 230, 226 e prover em tempo real ou quase real o sinal de saída resultante 236 correspondente à concentração da característica de interesse no fluido 202.

[0055] Aqueles versados na técnica apreciarão facilmente as várias e numerosas aplicações com que os dispositivos ópticos de computação 200, 300 e as várias configurações alternativas dos mesmos, podem ser usados adequadamente. Por exemplo, em referência agora à FIG. 4, é ilustrada uma montagem de perfuração de furo de poço exemplar 400 que pode empregar um ou mais dispositivos ópticos de computação como descritos neste documento a fim de monitorar um fluido de perfuração ou um fluido de completação, de acordo com uma ou mais modalidades. A montagem de perfuração 400 pode incluir uma plataforma de perfuração 402 que suporta uma torre de perfuração 404 tendo uma catarina 406 para levantar e abaixar uma coluna de perfuração 408. Um kelly 410 suporta a coluna de perfuração 408 conforme é abaixado através de uma mesa rotativa 412. Uma broca 414 é anexada à extremidade distal da coluna de perfuração 408 e é impulsionada por um motor de fundo de poço e/ou através de rotação da coluna de perfuração 408 a partir da superfície do poço. Conforme a broca 414 gira, ela cria um poço de perfuração 416 que penetra várias formações subterrâneas 418.

[0056] Uma bomba 420 (*por exemplo*, uma bomba de lama) circula fluido de perfuração 422 através de um tubo de alimentação 424 e para o kelly 410, o qual transfere o fluido de perfuração 422 no fundo de poço através de um conduíte interno definido na coluna de perfuração 408 e através de um ou mais orifícios na broca 414. O fluido de perfuração 422 é então circulado de volta à superfície através de um anel 426 definido entre a coluna de perfuração 408 e as paredes do poço de perfuração 416. O

fluido de perfuração 422 provê pressão hidrostática para evitar que fluidos de formação entrem no poço de perfuração 416 e mantém a broca 414 fria e limpa durante a perfuração. O fluido de perfuração 422 também serve para transportar cascalhos e sólidos de perfuração para fora do poço de perfuração 416 e suspender cascalhos e sólidos de perfuração enquanto a perfuração é pausada e/ou quando a broca 414 é trazida para dentro e para fora do poço de perfuração 416.

[0057] Enquanto o fluido de perfuração gasto 422 retorna para a superfície, pode sair do anel 426 na cabeça do poço 427 e, subsequentemente, passar através de um ou mais reguladores de pressão ou válvulas de estrangulamento 428 (uma é mostrada) através de uma linha de fluxo de interconexão 430. A válvula de estrangulamento 428 pode ser usada para manter ou, de outra forma, regular a pressão no anel 426 na superfície, por exemplo, na faixa de cerca de 100 psi a cerca de 1500 psi. Como resultado, isso possibilitará que a perfuração continue subequilibrada e é útil na redução de danos da formação 418 para o reservatório, mas também para facilitar os aumentos de velocidade de perfuração. Será apreciado, no entanto, que a(s) válvula(s) de estrangulamento 428 podem ser omitida em outras modalidades e o fluido de perfuração gasto 422 pode, em alternativa, retornar a superfície a pressões atmosféricas, sem se afastarem do âmbito da divulgação.

[0058] Após a válvula de estrangulamento 428, o fluido de perfuração gasto 422 pode ser transferido para um ou mais dispositivos de recuperação de líquido de perfuração através da linha de fluxo de interconexão 430. Tais dispositivos de recuperação de fluido de perfuração podem incluir, mas não estão limitados a, uma ou mais unidades de desgaseificação 432 e equipamentos de controle de sólidos 434. A unidade de desgaseificação 432 pode ser qualquer dispositivo ou máquina configurada para separar, do fluido de perfuração 422, quaisquer gases (*ou seja*, espécies gasosas hidrocarbonetos e não hidrocarbonetos) que

possam ter sido arrastados no fluido de perfuração 422 ao circular para dentro e para fora do poço de perfuração 416. O equipamento de controle de sólidos 434 pode ser configurado para substancialmente remover cascalhos e sólidos de perfuração do fluido de perfuração 422 e depositar um fluido de perfuração 422 "limpo" em uma fossa de retenção próxima 436 (*ou seja*, um poço de lama).

[0059] Vários aditivos ou componentes podem ser adicionados ao fluido de perfuração 422 a fim de manter o fluido de perfuração 422 em boas condições de funcionamento e, de outra forma, potencializar as capacidades de perfuração. Em algumas modalidades, os componentes e aditivos podem ser adicionados ao fluido de perfuração 422 através de um funil de mistura 438 acoplado de forma fluida à fossa de retenção 436. Componentes exemplares que podem ser adicionados ao fluido de perfuração 422 incluem, mas não estão limitados a, emulsões, materiais de ponderação, viscosificantes, espessantes, modificadores de reologia, diluentes, desfloculantes, polieletrólitos aniônicos (*por exemplo*, acrilatos, polifosfatos, lignossulfonatos, derivados de ácido tânico, etc.), polímeros de alto calor, estabilizadores de argila, inibidores de argila, tratamentos de alcatrão, água e outros fluidos de base, combinações dos mesmos, e semelhantes. O fluido de perfuração reabilitados 422 pode então ser recirculado e bombeado de volta para o poço de perfuração 416 com a bomba 420 através do tubo de alimentação 424.

[0060] De acordo com a presente divulgação, a análise de gás de registro de lama do fluido de perfuração 422 pode ser realizada através do arranjo de um ou mais dispositivos ópticos de computação 440 (mostrados como dispositivos ópticos de computação 440a, 440b, e 440c) em vários locais de monitoração predeterminados ao longo de todo o sistema de circulação da montagem de perfuração 400. Os dispositivos ópticos de computação 440a-c podem ser substancialmente semelhantes a pelo menos um dos dispositivos ópticos de computação 200, 300 das FIGS. 2 e

3, respectivamente e, portanto, não serão descritos novamente em detalhe. Em operação exemplar, os dispositivos ópticos de computação 440a-c podem ser configurados para medir e relatar características em tempo real do fluido de perfuração 422, tais como o tipo e/ou concentração de um ou mais gases presentes ali nos seus respectivos locais de monitoração.

[0061] Em uma ou mais modalidades, os dispositivos ópticos de computação 440a-c podem ser acoplados de forma comunicante a um processador de sinal 442 e configurados para transferir sinais de saída correspondentes 444a-c, respectivamente, para o processador de sinal 442. O processador de sinal 442 pode ser semelhante ao processador de sinal 234 das FIGS. 2 e 3 e pode ser configurado para receber e processar os sinais de saída 444a-c. Em particular, o processador de sinal 442 pode empregar um algoritmo configurado para calcular ou determinar de outro modo a concentração ou o tipo de um gás detectado em cada local de monitorização. O processador de sinal 442 pode ser ainda configurado para determinar as diferenças entre quaisquer dois ou mais dos sinais de saída 440a-c. Em outras palavras, o processador de sinal 442 pode ser configurado para determinar a forma em que como a concentração do gás e/ou a magnitude da característica de interesse no fluido 422 mudou entre cada local de monitoração.

[0062] Em tempo real ou quase real, o processador de sinal 442 pode ser configurado para prover um sinal de saída resultante 446 correspondente a uma ou mais características do fluido 422. O sinal de saída resultante 446 pode fornecer um teor de gás medido e/ou a magnitude da característica de interesse no fluido 422 para as várias localizações de monitorização ao longo do sistema de circulação. Em algumas modalidades, o sinal de saída resultante 446 pode ser emitido, com ou sem fio, para um ou mais dispositivos periféricos 448 acoplado de forma comunicativa ao processador de sinal 442. Os dispositivos periféricos 448 podem incluir, mas não estão limitados a, um dispositivo móvel, monitor

de computador, ou uma impressora acoplada a um computador. Em algumas modalidades, como discutido em maior detalhe abaixo com referência às FIGS. 5A-5D, os dispositivos periféricos 448 podem ser configurados para proporcionar uma ou mais saídas gráficas tal como uma representação gráfica Pixler, uma representação gráfica Haworth, ou uma uma representação gráfica da relação do gás, que descreve várias propriedades, parâmetros, e característica(s) detectados no fluido 422. Um operador de poço pode, então, ser capaz de consultar e interpretar a saída gráfica e, assim, tomar decisões inteligentes sobre a melhor forma de gerir o poço em resposta ao mesmo.

[0063] Em outras modalidades, os dispositivos periféricos 448 podem incluir um mecanismo de alarme sonoro ou visual ou dispositivo que pode ser acionado. Por exemplo, um ou mais dos sinais de saída resultante 444a-c podem ser reconhecidos pelo processador de sinal 442 como estando dentro ou fora de uma faixa predeterminada ou pré-programada de operação adequada para o fluido de perfuração 422. Se os sinais de saída 444a-c excedem a gama predeterminada ou pré-programada de operação, o sinal de saída resultante 446 pode desencadear um alarme que faz parte do dispositivo periférico 448 e o alarme pode ser configurado para alertar o operador para que ações corretivas apropriadas possam ser tomadas no fluido de perfuração 422. Em algumas modalidades, o processador de sinal 442 pode ser configurado para empreender de forma autônoma as ações corretivas apropriadas, de modo tal que o sinal de saída resultante 446 retorne um valor dentro da faixa predeterminada ou pré-programada de operação adequada. Por exemplo, o processador de sinal 442 pode ser acoplado de maneira comunicável a um sistema de controle automático (não representado) que pode ser configurado para realizar a ação corretiva necessária.

[0064] Com referência agora às FIGS. 5A-5D, com referência continuada à FIG. 4, estão ilustradas as representações gráficas dos sinais

representando as medições do teor de gás no interior de zonas de uma formação subterrânea, de acordo com uma ou mais modalidades. Numa modalidade, as medições podem ser tomadas por um ou mais dos dispositivos de computação óptica 440a-c da FIG. 4, tornando assim um sinal de saída 446 para um dispositivo periférico 448, tal como um monitor ou impressora (FIG. 4). Além disso, o dispositivo periférico 448 pode exibir o sinal de saída 446 na forma de saídas gráficas como uma representação gráfica Pixler uma representação gráfica Haworth, e uma representação gráfica da relação do gás.

[0065] As FIGS. 5A e 5B ilustram graficamente o teor de gás medido de uma formação em forma de uma representação gráfica "Pixler". Resumidamente, uma uma representação gráfica Pixler é um formato de visualização que mostra as relações de gás em diferentes profundidades de uma formação, assim indicando possibilidades de petróleo, gás, ou não-produtividade na profundidade associada. Em alguns casos, uma representação gráfica Pixler pode indicar as proporções de quantidades quantitativas de metano (C_1), etano (C_2), propano (C_3), butano (C_4), e pentano (C_5), tal como apresentado no gráfico 502 (FIG. 5A) no eixo-X como C_1/C_2 , C_1/C_3 , C_1/C_4 e C_1/C_5 . Geralmente, uma razão de C_1/C_2 entre 2 e 15 indica petróleo, uma razão de C_1/C_2 entre 15 e 65 indica gás, e uma razão de C_1/C_2 abaixo de 2 ou acima de 65 indica que a zona é não-produtiva. As razões para C_1/C_3 , C_1/C_4 e C_1/C_5 do mesmo modo tem intervalos que indicam zonas de petróleo, gás e de não-produtividade que são conhecidos ou podem ser calculados por um versado na técnica.

[0066] Na FIG. 5A, o gráfico 500 mostra uma ilustração geral de medições de gás tomadas durante a perfuração através de uma parte da formação (*por exemplo*, a formação 418 da FIG. 4), correlacionando assim, a profundidade de fundo de poço e medições de gás (cromatógrafo). Os gráficos 520, 540, e 560 das FIGS. 5B, 5C, 5D e, respectivamente, descrevem também as informações de profundidade e cromatógrafo, e,

portanto, podem ser melhor compreendidas com referência à discussão de gráfico 500. Tal como ilustrado, o gráfico 500 ilustra as medições de gás a uma profundidade que varia de cerca de 100 metros a cerca de 700 metros. O gráfico 500 ilustra certos gases que estão prontamente presentes em partes da formação, tais como de cerca de 100 metros a cerca de 500 metros, enquanto os gases de interesse não estão, geralmente, presentes nesse intervalo. No entanto, com a continuação ainda mais ao longo do fundo de poço no interior da formação, tal como de cerca de 500 metros a cerca de 650 metros, certos gases de interesse tornam-se prontamente presentes e a razão entre os gases muda correspondentemente.

[0067] O gráfico 502 ilustra uma representação gráfica Pixler da relação de gás correspondente aos gases encontrados na faixa de profundidade 514 do gráfico 500. A proporção de certos gases pode ser utilizada para estimar em que profundidade uma formação pode ser capaz da produção de petróleo ou de gás ou os dois. No gráfico 502, o intervalo 504 descreve um intervalo de profundidade onde as razões de gás indicam que a formação é provavelmente capaz da produção de petróleo, o intervalo 506 corresponde a razões de gás que indicam que a formação 418 é provavelmente capaz da produção de gás, e intervalos 508 e 510 representam intervalos indicando hidrocarbonetos não produtores. Notavelmente, o intervalo 510 pode ser considerado "não produtor", embora uma razão de gás que cai com intervalo 510 possa indicar que a formação é capaz de alguma produção de petróleo. O intervalo 510 pode ser considerado não produzindo possivelmente devido ao petróleo ser um petróleo pesado que é mais difícil de produzir, assim, a quantidade de petróleo produzido não cairia dentro dos requisitos para um poço "produtor". O eixo-Y do gráfico 502 pode ser dimensionado de forma logarítmica ou por qualquer outra escala útil para determinar a capacidade de produção. Enquanto as representações gráficas de gás 512 estiverem dentro dos intervalos 504, 506, e 508 do gráfico 502, a formação 418 pode

ser capaz de petróleo, gás, ou de não produção na profundidade ao longo do fundo de poço associada. Portanto, um operador de poço pode-se inferir a partir das representações gráficas de gás 512 que essa profundidade é uma tampa de gás para o reservatório.

[0068] Agora, com referência à FIG. 5B, ilustrados são o gráfico 520 e representação gráfica Pixler 522. Os gráficos 520 e 522 são substancialmente similares aos gráficos 500 e 502 da FIG. 5A e, portanto, pode ser melhor entendido em referência ao mesmo. As representações gráficas de gás 524 do gráfico 522 correlacionam-se com as medições de gás tomadas na profundidade 526 do gráfico 520, variando de cerca de 600 metros para 625 metros no fundo do poço. À medida que as representações gráficas de gás 524 caem substancialmente dentro do intervalo de petróleo 504 do gráfico 522, isso indica a um operador de poço que a formação 418 provavelmente seria de produção de petróleo nessas profundidades.

[0069] Agora, com referência à FIG. 5C, em outra modalidade, uma ou mais representações gráficas "Haworth" podem ser usadas para ilustrar as razões de gás medido, tal como ilustrado por gráficos 542 e 544. Semelhante às representações gráficas Pixler descritas acima, as representações gráficas Haworth representam proporções de gás que podem dar ao operador de poço uma indicação de que a formação da zona pode ser capaz de produção de hidrocarbonetos eficiente. Resumidamente, as representações gráficas Haworth podem consistir em utilizar múltiplos gráficos para indicar se a formação de interesse é capaz de produção em determinadas profundidades. Um primeiro gráfico pode representar graficamente uma "razão de humidade de gás" (GWR) contra uma "razão de leve para pesado" (LHR), por exemplo, tal como ilustrado pelo gráfico 542. Em algumas modalidades, GWR pode ser calculada pela equação
$$\left(\frac{C_2 + C_3 + C_4 + C_5}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5} \right) \times 100$$
, em que C_1 - C_5 representa os gases previamente descritos. Um valor GWR inferior a 0,5 pode representar

um não potencial para o gás seco, um valor GWR de 0,5-17,5 pode indicar um potencial para gás, um valor GWR de 17,5-40 pode indicar um potencial para petróleo, e um valor GWR superior a 40 pode indicar um potencial de petróleo residual. A LHR pode ser calculada pela equação $((C_1+C_2)/(C_3+C_4+C_5))$, em que a razão pode mostrar uma tendência decrescente com o aumento da densidade do fluido.

[0070] O gráfico 540 é substancialmente semelhante aos gráficos 500 e 520 das FIGS. 5A e 5B, respectivamente, e, portanto, pode ser melhor compreendido com referência a este último e, por conseguinte, não será discutido. O gráfico 542 ilustra uma representação gráfica de GWR contra LHR para os gases indicados no gráfico 540 dentro de uma faixa de profundidade de aproximadamente 400 metros a cerca de 625 metros no fundo do poço. O gráfico 542 ilustra que os cálculos de GWR e LHR para gases em profundidades rasas da formação resultam em altos valores de LHR e baixos valores de GWR (*por exemplo*, localização da representação gráfica 546). Conforme a profundidade do fundo de poço aumenta, o valor de GWR aumenta e o valor de LHR diminui, *por exemplo*, a profundidade de fundo de poço 625 tendo uma GWR alta e LHR baixa (*por exemplo*, localização de representação gráfica 548). Um valor GWR dentro da faixa de 0,5 a 17,5 indica uma provável presença de gás. Assim, o gráfico 542 indica a um operador de poço que a formação produz gás a partir de aproximadamente 400 metros a 550 metros no fundo de poço. Além disso, um valor de GWR na faixa de 17,5 a 40 indica uma presença provável de petróleo. Assim, o gráfico 542 indica que a formação provavelmente produz gás a partir de cerca de 550 metros a 625 metros no fundo do poço. No entanto, para uma determinação mais precisa de onde a transição de gás para petróleo pode ocorrer, a análise Haworth inclui a implementação de uma segunda série de cálculos e gráfico.

[0071] O segundo gráfico utilizado em uma análise Haworth representa graficamente GWR contra um "qualificador de caráter de

petróleo" (oil character qualifier, OCQ), como representado no gráfico 544. O OCQ pode ser calculado pela equação $((C_4+C_5)/C_3)$. Assim, o gráfico 544 ilustra que os cálculos para gases em profundidades rasas resultam em uma aglomeração em torno da localização de representação gráfica 550. Conforme a profundidade de fundo de poço aumenta, os cálculos resultam em valores crescentes de GWR e OCQ, indicados pela localização de representação gráfica 552. A junção crítica pode ser onde OCQ é um valor de 0,5. Onde o OCQ é inferior a 0,5, o potencial de gás é indicado. Onde o OCQ é maior do que 0,5, gás, petróleo leve ou condensado é indicado. Ao encontrar onde o OCQ de 0,5 intersecta a representação gráfica de gás, como na localização A do gráfico 544, o valor GWR deve ser notado. Este valor pode então ser correlacionado de volta para o primeiro gráfico, como visto na localização B do gráfico 542. Após a realização de tal análise, um operador de poço é mais precisamente informado de que uma transição de gás para petróleo não ocorre na estimativa anterior de 550 metros no fundo do poço, mas ocorre a uma profundidade mais rasa de aproximadamente 475 metros no fundo de poço.

[0072] Agora, com referência à FIG. 5D, é ilustrado um outro exemplo de representação gráfica de razão de gás, de acordo com uma ou mais modalidades. A FIG. 5D fornece gráficos 560 e 562, onde o gráfico 560 é substancialmente similar aos gráficos 540, 520 e 500, podendo, portanto, ser melhor compreendido com respeito aos mesmos e não será discutido ainda mais. O gráfico 562, no entanto, ilustra uma representação gráfica onde o eixo Y indica um cálculo dos valores médios C_2 divididos pelos valores médios C_3 e o eixo X indica um cálculo dos valores C_1 . Como mostrado no gráfico 560, e a legenda do gráfico 562, dados são ilustrados por uma faixa de profundidade de cerca de 470 a 620 metros no fundo do poço. Em uma modalidade, um exame da representação gráfica do gás do gráfico 562 pode ser vantajoso ao ajudar um operador de poço a diferenciar as propriedades de fluido contra a profundidade nas zonas de reservatório

de interesse.

[0073] Aquele versado na técnica apreciará que os gráficos representados e descritos com referência às FIGS. 5A-5D são meramente exemplos de modalidades de ilustrações que descrevem as medições de gás de uma formação, por conseguinte, não limitativas do escopo da presente revelação.

[0074] Referindo-se novamente à FIG. 4, como ilustrado, um primeiro dispositivo de computação óptica 440A pode ser disposto para monitorar o fluido de perfuração 422, conforme é introduzido no furo perfurado 416 e um segundo dispositivo óptico de computação 440b pode ser disposto para monitorar o fluido de perfuração 422 após ele ter retornado a superfície e é despressurizado por meio da válvula de estrangulamento 428. Mais particularmente, o primeiro dispositivo de computação óptica 440a pode ser disposto no tubo de alimentação 424 que conduz à torre de perfuração (derrick) 404 a partir da bomba 420 (ou de outra forma, em qualquer local comunicável de forma fluida após a bomba 420 e antes do furo perfurado 416), e o segundo dispositivo de computação óptica 440b pode ser disposto em ou então acoplado à linha de fluxo 430 antes da unidade de desgaseificação 432 (*por exemplo* adjacente a uma entrada para a unidade de desgaseificação 432. Como será apreciado, mais do que um dispositivo de computação óptica pode ser arranjado em cada um desses locais de monitoramento, sem se afastar do escopo da divulgação.

[0075] O primeiro sinal de saída 444A pode ser indicativo do tipo/concentração de um gás no fluido de perfuração 422 ou outra característica do fluido 422, conforme o fluido de perfuração 422 entra no furo perfurado 416. Da mesma forma, o segundo sinal de saída 444b pode ser indicativo do tipo/concentração de gás ou outra característica do fluido 422 conforme o fluido de perfuração 422 sai do furo perfurado 416 despressurizado. O processador de sinal 442 pode receber as sinais de

saída 444a,b em tempo real e fornecer o sinal de saída resultante 446 que pode ser considerado por um operador por meio de um ou mais dispositivos periféricos 448, como descrito acima. Em algumas modalidades, o sinal de saída resultante 446 pode informar o operador do tipo/concentração de gás no fluido de perfuração 422, conforme o fluido de perfuração 422 entra no furo perfurado 416, de acordo com o primeiro sinal de saída 444a. Em outras modalidades, o sinal de saída resultante 446 pode informar o operador do tipo/concentração do gás no fluido de perfuração 422, conforme o fluido de perfuração 422 sai do furo perfurado 416, de acordo com o segundo sinal de saída 444b. Como resultado, o operador pode ser capaz de conduzir análises de gás de registro de lama do fluido de perfuração 422 sem ter que extrair uma amostra de gás do fluido de perfuração que retorna 422.

[0076] Ainda em outras modalidades, o processador de sinal 442 pode ser configurado para fazer uma comparação entre o primeiro e segundo sinais de saída 444a,b, e assim fornecer ao operador um sinal de saída resultante 446 por meio dos dispositivos periféricos 448 que detalham as diferenças entre os dois sinais de saída 444a, b. Como tal, o operador pode ser informado sobre a quantidade e concentração de um ou mais gases que podem ter entrado ou então que se tornaram incorporados no fluido de perfuração 422 enquanto circulavam através do furo perfurado 416. Tais dados podem ser úteis no fornecimento de informação quanto ao teor de hidrocarbonetos da rocha sendo perfurada e, como resultado, o operador pode optar por ajustar um ou mais parâmetros de perfuração ou de completação em resposta aos mesmos.

[0077] Por exemplo, em algumas modalidades, o sinal de saída resultante 446 pode informar ao operador que um tipo particular ou quantidade de gás favorável é encontrado em uma determinada camada ou região da formação subterrânea 418 durante a perfuração. Como resultado, pelo menos um parâmetro de perfuração pode ser ajustado em resposta

aos mesmos, como a alteração do geosteering da broca de perfuração 414 de modo que o furo perfurado 416 pode ser perfurado ou formado substancialmente naquela camada ou zona em particular. Em algumas modalidades, o gás favorável pode ser um ou mais hidrocarbonetos que podem ser produzidos para processamento. Em outras modalidades, no entanto, o gás favorável pode ser hélio. Os versados na técnica reconhecerão facilmente que um aumento da quantidade de hélio retornando à superfície como incorporado ao fluido de perfuração 422 pode ser uma indicação de alta porosidade na formação 418, e alta porosidade pode significar uma zona suscetível ao aumento das taxas de produção. Quando tais gases e hidrocarbonetos são detectados, o operador pode alterar o percurso de geosteering de modo que o furo perfurado permaneça substancialmente naquela camada, maximizando assim a produção e eficiência potenciais de hidrocarbonetos.

[0078] Como será apreciado, isto pode revelar-se especialmente vantajoso em poços horizontais ou desviados onde a alteração do geosteering pode ter o efeito de manter o percurso de poço substancialmente paralelo e no interior de um estrato ou região contendo hidrocarbonetos. Isso também pode revelar-se vantajoso, no entanto, em poços verticais onde o operador também pode ser capaz de realizar perfilagem da área do furo perfurado vertical 416, onde um alto teor de gás é detectado. Posteriormente, o operador pode escolher a regressar a esse local e completar o furo de perfuração 416 na localização de modo que os hidrocarbonetos que residem na formação 418 naquela localização possam ser eficazmente produzidos com maior eficiência. Consequentemente, a concepção de completação de poço pode ser otimizada em resposta ao sinal de saída resultante 446 que é fornecido por meio dos dispositivos periféricos 448. Algumas concepções de completação de poços que podem ser alteradas incluem, mas não estão limitadas a alteração de um programa de cimentação, alteração de um programa ou concepção de tubo de

revestimento ou otimização de perfurações no fundo do poço, luvas de deslizamento e liners com fendas. Otimizações resultantes de tais alterações de completação podem incluir contenção de fluidos indesejáveis no fundo de poço, como água ou gás não desejados, também podendo incluir o isolamento otimizado a partir das qual não é necessária a produção. Além disso, poços próximos com sinais (correlacionados) de saída semelhantes 444a-c ou sinal de saída 446 podem implementar otimizações semelhantes.

[0079] Em algumas modalidades, o sinal de saída resultante 446 também pode ser configurado para informar um operador por meio dos dispositivos periféricos 448 sobre gases perigosos, corrosivos, tóxicos que possam ser incorporados ao fluido de perfuração 422. Gases perigosos, corrosivos e/ou tóxicos, como sulfeto de hidrogênio (H_2S) e similares, podem constituir perigo para os operadores da plataforma e ao ambiente circundante. Em pelo menos uma modalidade, por exemplo, o segundo sinal de saída 444b do segundo dispositivo de computação óptica 440b podem fornecer a concentração em tempo real de sulfureto de hidrogênio (H_2S) incorporado ao fluido de perfuração 422, uma vez que retorna à superfície. Se o nível registrado de H_2S ultrapassa um limite "seguro" predeterminado, o processador de sinal 442 pode ser configurado para disparar um alarme, enviando o sinal de saída resultante 446 aos dispositivos periféricos 448 indicando o mesmo. Em resposta ao alarme, o operador pode atuar desligando o poço ou adicionando H_2S ou outros aditivos ao fluido de perfuração 422, por meio do funil 438 para remediar a situação.

[0080] Em algumas modalidades, o gás perigoso, corrosivo ou tóxico pode ser metano como incorporado no fluido de perfuração 422. Uma vez que o metano é altamente explosivo, o aumento da quantidade de gás no fluido de perfuração que retorna 422 pode representar um risco substancial para os operadores da plataforma e o ambiente circundante.

Por conseguinte, se houver uma quantidade excessiva de metano a ser detectada pelo, por exemplo, o segundo dispositivo de computação óptica 440b, de modo que ultrapasse um limite predeterminado "seguro", o processador de sinal 442 pode ser configurado para disparar um alarme por meio do sinal de saída resultante 446 e dos dispositivos periféricos 448. Em resposta ao alarme, o operador pode atuar para remediar a situação. Por exemplo, o operador pode "fechar" o poço usando preventores de explosão ou semelhantes, e então extrair o metano de uma maneira controlada usando linhas de estrangulamento associadas aos preventores de explosão.

[0081] Em algumas modalidades, o fluido de perfuração 422 devolvido à superfície pode ser monitorado por meio do terceiro dispositivo de computação óptica 440c antes da completa despressurização. Como ilustrado, o terceiro dispositivo de computação óptica 440c pode ser disposto em comunicação fluida com a linha de fluxo interconectada 430 seguida da cabeça do poço 427 e disposta antes da válvula de estrangulamento 428. Semelhante ao segundo dispositivo de computação óptica 440b, o terceiro dispositivo de computação óptica 440c pode ser configurado para monitorar o fluido de perfuração 422 após seu retorno para a superfície para os gases (duas espécies de gás de hidrocarbonetos e não hidrocarboneto) que possam ter sido incorporadas nele após ter circulado através do furo perfurado 416. Quando o fluido de perfuração 422 sai da válvula de estrangulamento 428, quaisquer gases incorporados a ele irão se romper imediatamente para fora ou então se precipitar para fora do fluido de perfuração 422. Por conseguinte, o terceiro e dispositivos de computação óptica 440c podem ser vantajosos em prover uma concentração em tempo real ou quase real de um ou mais gases no fluido de perfuração 422 conforme ele circula em ou próximo às condições ambientais reais de perfuração do fundo do poço. O sinal de saída 444c do terceiro dispositivo de computação óptica 440c, por conseguinte, pode ser

útil na análise de gás de perfilagem de lama do fluido de perfuração 422 em condições de operação de fundo de poço.

[0082] Semelhante ao segundo dispositivo de computação óptica 440b, o terceiro dispositivo de computação óptica 440c pode ser configurado para detectar e reportar aumentos da quantidade de um gás favorável no furo perfurado 416. O sinal de saída resultante 446 pode então informar o operador onde um tipo particular ou quantidade de gás favorável se encontra no furo perfurado 416 e, em consequência, pelo menos um parâmetro de perfuração pode ser ajustado em resposta ao mesmo. Por exemplo, o operador pode alterar o geosteering da broca de perfuração 414 de modo que o furo perfurado 416 pode ser perfurado ou formado substancialmente naquela camada ou zona. Em furos perfurados verticais 416, o operador de poço pode ser capaz de realizar perfilagem na área da perfuração 416 onde um alto teor de gás é detectado e, mais tarde, voltar a esta localização e completar o furo perfurado 416 naquela localização de modo que os hidrocarbonetos residentes na formação 418 naquela localização possam ser eficazmente produzidos com maior eficiência.

[0083] O terceiro dispositivo de computação óptica 440c também pode ser configurado para detectar gases perigosos, corrosivos ou tóxicos (*ou seja*, H_2S , metano, etc.) que podem ser incorporados no fluido de perfuração 422. O sinal de saída resultante 446 em tais casos pode informar um operador por meio dos dispositivos periféricos 448 da presença de tais gases, e o operador pode então atuar para remediar a situação. Em outras modalidades, o processador de sinal 442 pode agir de forma autônoma para remediar a situação, como desligar o poço ou adicionar H_2S ou outros aditivos ao fluido de perfuração 422 por meio do funil 438 para remediar a situação. Por exemplo, como mencionado brevemente acima, o processador de sinal 442 pode ser acoplado de maneira comunicável a um sistema de controle automático (não representado) que pode ser configurado para realizar a ação corretiva necessária.

[0084] É reconhecido que as várias modalidades neste documento direcionadas ao controle de computador e redes neurais artificiais, incluindo vários blocos, módulos, elementos, componentes, métodos e algoritmos, podem ser implementadas usando hardware de computador, software de computador, combinações dos mesmos e semelhantes. Para ilustrar essa intercambialidade de hardware e software, vários blocos, módulos, elementos, componentes, métodos e algoritmos ilustrativos foram descritos geralmente em termos de sua funcionalidade. Se tal funcionalidade é implementada como hardware ou software dependerá da aplicação em particular e quaisquer restrições de projeto impostas. Pelo menos por essa razão, deve-se reconhecer que alguém ordinariamente versado na técnica pode implementar a funcionalidade descrita em uma variedade de formas para uma aplicação em particular. Além disso, vários componentes e blocos podem ser arrançados em uma ordem diferente ou particionados de forma diferente, por exemplo, sem se afastar do escopo das modalidades expressamente descritas.

[0085] Hardware de computador usado para implementar os vários blocos, módulos, elementos, componentes, métodos e algoritmos ilustrativos descritos neste documento pode incluir um processador configurado para executar uma ou mais sequências de instruções, estâncias ou código de programação armazenado em um meio legível por computador não transitório. O processador pode ser, por exemplo, um microprocessador de uso geral, um microcontrolador, um processador de sinal digital, um circuito integrado específico de aplicação, uma matriz de porta de campo programável, um dispositivo lógico programável, um controlador, uma máquina de estado, uma lógica de portal, componentes de hardware separados, uma rede neural artificial ou qualquer entidade semelhante adequada que possa desempenhar cálculos ou outras manipulações de dados. Em algumas modalidades, hardware de computador pode incluir adicionalmente elementos como, por exemplo,

uma memória (*por exemplo*, memória de acesso aleatório (RAM), memória flash, memória somente de leitura (ROM), memória somente de leitura programável (PROM), memória somente de leitura deletável (EPROM)), registros, discos rígidos, discos removíveis, CD-ROMs, DVDs ou qualquer outro dispositivo ou meio de armazenamento semelhante adequado.

[0086] Sequências executáveis descritas neste documento podem ser implementadas com uma ou mais sequências de código contidas em uma memória. Em algumas modalidades, tal código pode ser lido para a memória a partir de outro meio legível por máquina. A execução das sequências de instruções contidas na memória pode fazer com que um processador desempenhe as etapas do processo descritas neste documento. Um ou mais processadores em uma disposição de multi-processamento também podem ser empregados para executar sequências de instrução na memória. Além disso, circuitos cabeados podem ser usados no lugar de ou em combinação com instruções de software para implementar várias modalidades descritas neste documento. Assim, as presentes modalidades não estão limitadas a qualquer combinação específica de hardware e/ou software.

[0087] Como usado neste documento, um meio legível por máquina irá se referir a qualquer meio que direta ou indiretamente forneça instruções a um processador para execução. Um meio legível por máquina pode assumir muitas formas, incluindo, por exemplo, mídia não-volátil, mídia volátil e mídia de transmissão. Os meios não-voláteis podem incluir, por exemplo, discos ópticos ou magnéticos. Os meios voláteis podem incluir, por exemplo, memória dinâmica. A mídia de transmissão pode incluir, por exemplo, cabos coaxiais, fio, fibra ótica, e fios que formam um barramento. Formas comuns de meios legíveis por máquina podem incluir, por exemplo, disquetes, discos flexíveis, discos rígidos, fitas magnéticas, outros meios magnéticos semelhantes, CD-ROMs, DVDs, outros meios ópticos semelhantes, cartões perfurados, fitas de papel e meios físicos

semelhantes com furos padronizados, RAM, ROM, PROM, EPROM e flash EPROM.

[0088] Também se deve notar que as várias figuras providas neste documento não são necessariamente desenhadas em escala, nem são elas, estritamente falando, retratadas como opticamente corretas como entendido por aqueles versados em óptica. Em vez disso, as figuras são meramente ilustrativas por natureza e geralmente usadas neste documento para complementar o entendimento dos sistemas e métodos providos neste documento. Na verdade, embora os desenhos possam não ser opticamente precisos, as interpretações conceituais retratadas neles refletem com precisão a natureza exemplar das diversas modalidades divulgadas.

[0089] As modalidades divulgadas neste documento incluem:

[0090] A. Um sistema que pode incluir um percurso de fluxo circulando um fluido de perfuração para dentro e fora de um furo perfurado durante as operações de perfuração, um primeiro dispositivo de computação óptica disposto próximo a uma saída de furo perfurado e tendo um primeiro elemento computacional integrado configurado para interagir opticamente com o fluido de perfuração próximo a saída do furo perfurado e gerar um primeiro sinal de saída correspondente a uma concentração de um gás presente no fluido de perfuração na saída, um processador de sinal acoplado de maneira comunicável com o primeiro dispositivo de computação óptica e configurado para receber o primeiro sinal de saída e determinar a concentração do gás presente no fluido de perfuração na saída do poço, resultando assim em um sinal de saída resultante sendo gerado pelo processador de sinal, e um ou mais dispositivos periféricos acoplados de maneira comunicável ao processador de sinal e configurado para receber o sinal de saída resultante e reportar o sinal de saída resultante a um operador de poço, em que um ou mais parâmetros de perfuração ou de completação são ajustados em resposta ao sinal de saída resultante.

[0091] B. Um método que pode incluir a circulação de um fluido de perfuração dentro de um percurso de fluxo que se estende para dentro e fora de um furo perfurado durante a operação de perfuração, gerando um primeiro sinal de saída com um primeiro dispositivo de computação óptica arranjado próximo a uma saída do furo perfurado, o primeiro dispositivo de computação óptica tendo um primeiro elemento computacional integrado configurado para interagir opticamente com o fluido de perfuração, em que o primeiro sinal de saída corresponde a uma concentração de um gás presente no fluido de perfuração na saída, recebendo o primeiro sinal de saída com um processador de sinal acoplado de maneira comunicável ao primeiro dispositivo de computação óptica, determinando a concentração do gás presente no fluido de perfuração na saída do furo perfurado com o processador de sinal, pelo qual um sinal de saída resultante é gerado pelo processador de sinal, transportando o sinal de saída resultante para um ou mais dispositivos periféricos de modo que um operador seja capaz de considerar o sinal de saída resultante e ajuste de um ou mais parâmetros de perfuração ou completação em resposta ao sinal de saída resultante.

[0092] Cada uma das modalidades A e B podem ter um ou mais dos seguintes elementos adicionais em qualquer combinação: Elemento 1: em que o gás é selecionado dentre o grupo compreendendo metano, etano, propano, n-butano, n-pentano, iso-butano, iso-pentano, neo-pentano, benzeno, tolueno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, ácido acético, argônio, hélio, oxigênio, nitrogênio, água, hidrogênio, sulfeto de carbonila, bissulfeto de carbono e qualquer combinação dos mesmos. Elemento 2: compreendendo adicionalmente um segundo dispositivo de computação óptica arranjado em ou próximo a uma entrada para o furo perfurado e tendo um segundo elemento computacional integrado configurado para interagir opticamente com o fluido de perfuração e gerar um segundo sinal de saída correspondente à concentração do gás presente no fluido de perfuração na entrada. Elemento 3: em que o

processador de sinal está acoplado de maneira comunicável ao segundo dispositivo de computação óptica e configurado para receber o segundo sinal de saída e gera o sinal de saída resultante correspondendo a uma diferença entre o primeiro e segundo sinais de saída e em que o um ou mais dispositivos periféricos são configurados para receber o sinal de saída resultante e comunicar ao operador de poço como a concentração do gás se alterou entre a entrada e a saída. Elemento 4: em que o um ou mais dispositivos periféricos estão configurados para fornecer uma saída gráfica que descreve a concentração do gás presente no fluido de perfuração na saída do furo perfurado. Elemento 5: em que a saída gráfica compreende uma saída selecionada a partir do grupo que consiste em um ou mais representações gráficas Pixler, Haworth e representações gráficas da razão do gás. Elemento 6: compreendendo adicionalmente uma válvula de estrangulamento disposta próxima a saída, em que o primeiro dispositivo de computação óptica está disposto ao longo do poço perfurado a partir da válvula de estrangulamento. Elemento 7: compreendendo adicionalmente um sistema de controle automatizado acoplado de forma comunicável ao processador de sinal e configurado para realizar uma ou mais ações corretivas em resposta ao sinal de saída resultante.

[0093] Elemento 8: em que os um ou mais dispositivos periféricos compreendem pelo menos um de um monitor e uma impressora acoplados a um sistema de computador, e em que o transporte do sinal de saída resultante a um ou mais dispositivos periféricos compreende o fornecimento de uma saída gráfica do sinal de saída resultante para consideração pelo operador de poço juntamente com o monitor e a impressora. Elemento 9: em que os um ou mais dispositivos periféricos compreendem um alarme, e em que o transporte do sinal de saída resultante a um ou mais dispositivos periféricos compreende alertar o operador do poço seja audivelmente ou visualmente com o alarme quando o sinal de saída resultante relata uma concentração de gás que excede um limite de segurança predeterminado.

Elemento 10: compreendendo adicionalmente o fechamento do poço ao ser alertado de que a concentração de gás excede o limite de segurança predeterminado. Elemento 11: compreendendo adicionalmente a adição de aditivos ao fluido de perfuração quando alertado de que a concentração de gás excede o limite de segurança predeterminado. Elemento 12: em que o ajuste de um ou mais parâmetros de perfuração ou conclusão compreende alterar o geosteering de uma broca de perfuração. Elemento 13: em que o ajuste de um ou mais parâmetros de perfuração ou completação compreende pelo menos uma alteração de um programa de cimentação, a alteração de um programa de revestimento, alteração de uma concepção de revestimento, otimização da colocação de perfurações no fundo do poço, luvas de deslizamento e liners com fendas, e otimização do isolamento de zonas a partir das quais não é exigida a produção. Elemento 14: compreendendo adicionalmente a geração de um segundo sinal de saída com um segundo dispositivo de computação óptica disposto em ou próximo a uma entrada para o furo perfurado, o segundo dispositivo de computação óptica tendo um segundo elemento computacional integrado configurado para interagir opticamente com o fluido de perfuração, em que o segundo sinal de saída corresponde à concentração do gás presente no fluido de perfuração na entrada, recebendo o segundo sinal de saída com o processador de sinal acoplado de maneira comunicável ao segundo dispositivo de computação óptico, e calculando uma diferença entre o primeiro e o segundo sinais de saída com o processador de sinal, pelo qual o sinal de saída resultante é gerado e corresponde a como a concentração do gás mudou entre a entrada e a saída, reportando a diferença entre o primeiro e segundo sinais de saída para o operador de poço com um ou mais dispositivos periféricos. Elemento 15: compreendendo adicionalmente a realização de uma ou mais ações corretivas em resposta ao sinal de saída resultante. Elemento 16: em que a realização de uma ou mais ações corretivas compreende pelo menos desligar o poço e adicionar aditivos ao

fluido de perfuração, conforme indicado por um sistema de controle automatizado acoplado de maneira comunicável ao processador de sinal.

[0094] Portanto, a presente divulgação é bem adaptada para alcançar os fins e vantagens mencionados, bem como aqueles inerentes à mesma. As modalidades particulares divulgadas acima são meramente ilustrativas, uma vez que a presente divulgação pode ser modificada e praticada de maneiras diferentes, porém equivalentes, por aqueles versados na técnica que tiverem o benefício dos ensinamentos neste documento. Além disso, nenhuma limitação é pretendida aos detalhes de construção ou projeto mostrados neste documento, além das descritas nas reivindicações abaixo. É, portanto, evidente que as modalidades ilustrativas particulares divulgadas acima podem ser alteradas, combinadas ou modificadas e todas tais variações são consideradas dentro do escopo e do espírito da presente divulgação. A divulgação divulgada neste documento de forma ilustrativa pode ser praticada de forma adequada na ausência de qualquer elemento que não esteja divulgado especificamente neste documento e/ou qualquer elemento opcional divulgado neste documento. Embora composições e métodos sejam descritos em termos de “compreendendo”, “contendo” ou “incluindo” vários componentes ou etapas, as composições e os métodos também podem “consistir essencialmente em” ou “consistir em” os vários componentes e etapas. Todos os números e faixas divulgados acima podem variar em alguma quantidade. Sempre que uma faixa numérica com um limite inferior e um limite superior for divulgada, qualquer número e qualquer faixa incluída que fique dentro da faixa é especificamente divulgado. Em particular, todas as faixas de valores (da forma, “de cerca de a até cerca de b”, ou, equivalentemente, “de aproximadamente a até b” ou, equivalentemente, “de aproximadamente a-b”) divulgadas neste documento serão compreendidas como estabelecendo todo número e faixa abrangidos dentro da faixa mais ampla de valores. Além disso, os termos nas reivindicações têm seu significado claro e

comum, a menos que definido de outra forma explicitamente e claramente pelo titular da patente. Além disso, os artigos indefinidos "um/uma" ou "uns/umas", como usados nas reivindicações, são definidos neste documento de modo que se refiram a um ou mais dos elementos que introduzem.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema (400), **caracterizado** pelo fato de que compreende:

um percurso de fluxo que circula um fluido de perfuração (422) para dentro e para fora de um furo perfurado (416) durante operações de perfuração, o percurso de fluxo compreendendo uma janela de amostragem (216);

um primeiro dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) disposto próximo à janela de amostragem (216), o primeiro dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) compreendendo:

um primeiro elemento computacional integrado (100, 220) configurado para receber radiação eletromagnética refletida a partir do fluido de perfuração (422) através da janela de amostragem (216) e gerar um primeiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) correspondente a uma concentração de um gás presente no fluido de perfuração (422), em que em que o primeiro elemento computacional integrado (100, 220) compreende múltiplas camadas alternadas de dois materiais tendo um índice de refração diferente, em que um número das camadas alternadas de dois materiais e uma espessura de cada uma das camadas alternadas de dois materiais são selecionadas com base em uma resposta espectroscópica esperada do gás presente no fluido de perfuração; e

um segundo elemento computacional integrado (100, 220) que compreende múltiplas camadas alternadas de dois materiais tendo índices de refração diferentes e número e espessuras diferentes das múltiplas camadas alternadas do primeiro elemento computacional integrado (100, 220), o segundo elemento computacional integrado (100, 220) configurado para fornecer um segundo sinal de saída (444a, 444b, 444c) indicativo de uma ausência do gás no fluido de perfuração (422):

um processador de sinal (442) acoplado de maneira comunicável ao primeiro dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) e configurado para receber o primeiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) e o segundo sinal

de saída (444a, 444b, 444c) e determinar a concentração do gás presente no fluido de perfuração (422), resultando assim em um sinal de saída resultante (446) sendo gerado pelo processador de sinal (442); e

um ou mais dispositivos periféricos (448) acoplados de maneira comunicável ao processador de sinal (442) e configurado para receber o sinal de saída resultante (446) e comunicar o sinal de saída resultante (446) a um operador do poço, em que um ou mais parâmetros de perfuração ou completação são ajustados em resposta ao sinal de saída resultante (446).

2. Sistema (400), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o gás é selecionado a partir de metano, etano, propano, n-butano, n-pentano, iso-butano, iso-pentano, neo-pentano, benzeno, tolueno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, ácido acético, -argônio, hélio, oxigênio, nitrogênio, água, hidrogênio, sulfeto de carbonila, bissulfeto de carbono, e qualquer combinação dos mesmos.

3. Sistema (400), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente um segundo dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) disposto em ou próximo a uma entrada para o furo perfurado (416) e tendo um terceiro elemento de computação integrado configurado para interagir opticamente com o fluido de perfuração (422) e gerar um terceiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) correspondente à concentração do gás presente no fluido de perfuração (422) na entrada.

4. Sistema (400), de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o processador de sinal (442) é acoplado de maneira comunicável ao segundo dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) e configurado para receber o terceiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) e gerar o sinal de saída resultante (446) com base no primeiro, segundo e terceiro sinais de saída (444a, 444b, 444c) e em que o um ou mais dispositivos periféricos (448) são configurados para receber o sinal de saída resultante (446) e comunicar uma alteração na concentração do gás

entre a entrada e a janela de amostragem (216).

5. Sistema (400), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o um ou mais dispositivos periféricos (448) estão configurados para fornecer uma saída gráfica que descreve a concentração do gás presente no fluido de perfuração (422).

6. Sistema (400), de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que a saída gráfica compreende uma saída selecionada a partir do grupo que consiste em um ou mais representações gráficas Pixler, Haworth e representações gráficas da razão do gás.

7. Sistema (400), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente uma válvula de estrangulamento (428), em que o primeiro dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) está disposto ao longo do poço perfurado a partir da válvula de estrangulamento (428).

8. Sistema (400), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente um sistema de controle automatizado acoplado de forma comunicável ao processador de sinal (442) e configurado para realizar uma ou mais ações corretivas em resposta ao sinal de saída resultante (446).

9. Método, **caracterizado** pelo fato de que compreende:
circulação de um fluido de perfuração (422) dentro de um caminho de fluxo que se estende para dentro e para fora de um poço de perfuração (416) durante operações de perfuração, em que o caminho de fluxo compreende uma janela de amostragem (216);

geração de um primeiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) com um primeiro dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) disposto próximo à janela de amostragem (216), o primeiro dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) tendo um primeiro elemento computacional integrado (100, 220) configurado para receber radiação eletromagnética refletida a partir do fluido de perfuração (422) através da

janela de amostragem (216), em que o primeiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) corresponde a uma concentração de um gás presente no fluido, em que a geração do primeiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) compreende interagir o primeiro elemento computacional integrado (100, 220) com a radiação eletromagnética refletida para gerar uma radiação eletromagnética de saída tendo uma intensidade que é proporcional a um produto de uma resposta espectroscópica da radiação eletromagnética refletida com um vetor de regressão associado com o gás presente no fluido de perfuração (422);

geração, com um segundo elemento computacional integrado (100, 220), um segundo sinal de saída (444a, 444b, 444c) indicativo de uma ausência do gás no fluido de perfuração (422);

recepção do primeiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) e do segundo sinal de saída (444a, 444b, 444c) com um processador de sinal (442) acoplado de forma comunicável ao primeiro dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c);

determinação da concentração do gás presente no fluido de perfuração (422) com o processador de sinal (442), pelo que um sinal de saída resultante (446) é gerado pelo processador de sinal (442);

transmissão do sinal de saída resultante a um ou mais dispositivos periféricos (448) de modo que um operador de poço seja capaz de analisar o sinal de saída resultante; e

ajuste de um ou mais parâmetros de perfuração ou completação em resposta ao sinal de saída resultante (446).

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que os um ou mais dispositivos periféricos (448) compreendem pelo menos um de um monitor e uma impressora acoplados a um sistema de computador, e em que o transporte do sinal de saída resultante (446) ao um ou mais dispositivos periféricos (448) compreende o fornecimento de uma saída gráfica do sinal de saída resultante.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que a saída gráfica compreende uma saída selecionada a partir do grupo que consiste em um ou mais representações gráficas Pixler, Haworth e representações gráficas da razão do gás.

12. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que os um ou mais dispositivos periféricos (448) compreendem um alarme, e em que o transporte do sinal de saída resultante (446) ao um ou mais dispositivos periféricos (446) compreende alertar seja audivelmente ou visualmente com o alarme quando o sinal de saída resultante (446) relata uma concentração de gás que excede um limite de segurança predeterminado.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de compreender adicionalmente o fechamento de um poço mediante ao alerta de que a concentração de gás excede o limite de segurança predeterminado.

14. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de compreender adicionalmente a adição de aditivos ao fluido de perfuração (422) ao ser alertado de que a concentração de gás excede o limite de segurança predeterminado.

15. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o ajuste de um ou mais parâmetros e completação ou perfuração compreende a alteração de um geosteering de uma broca de perfuração.

16. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o ajuste de um ou mais parâmetros de perfuração ou completação compreende pelo menos uma alteração de um programa de cimentação, a alteração de um programa de revestimento, alteração de uma concepção de revestimento, otimização da colocação de perfurações no fundo do poço, luvas de deslizamento e liners com fendas, e otimização do isolamento de zonas a partir das quais não é exigida a produção.

17. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de compreender adicionalmente:

geração de um terceiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) com um segundo dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) arranjado em ou próximo a uma entrada para o furo perfurado (416), o segundo dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c) tendo um terceiro elemento computacional integrado configurado para interagir opticamente com o fluido de perfuração (422), em que o terceiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) corresponde à concentração do gás presente no fluido de perfuração (422) na entrada;

recepção do terceiro sinal de saída (444a, 444b, 444c) com o processador de sinal (442) acoplado de forma comunicável ao segundo dispositivo de computação óptica (440a, 440b, 440c);

cálculo, com o processador de sinal (442), do sinal de saída resultante com base no primeiro sinal de saída, no segundo sinal de saída e no terceiro sinal de saída, o sinal de saída resultante correspondente a uma alteração na concentração do gás entre a entrada e a janela de amostragem (216); e

relato de uma diferença entre os primeiro e segundo sinais de saída (444a, 444b, 444c) sinal de saída resultante para os um ou mais dispositivos periféricos (448).

18. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de compreender adicionalmente uma ou mais ações corretivas em resposta o sinal de saída resultante (446).

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** pelo fato de que a realização de uma ou mais ações corretivas compreende pelo menos um dentre fechar um poço e adicionar aditivos ao fluido de perfuração (422), conforme indicado por um sistema de controle automatizado acoplado de maneira comunicável ao processador de sinal (442).

20. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o gás é selecionado a partir de metano, etano, propano, n-butano, n-pentano, iso-butano, iso-pentano, neo-pentano, benzeno, tolueno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, ácido acético, argônio, hélio, oxigênio, nitrogênio, água, hidrogênio, sulfeto de carbonila, bissulfeto de carbono e qualquer combinação dos mesmos.

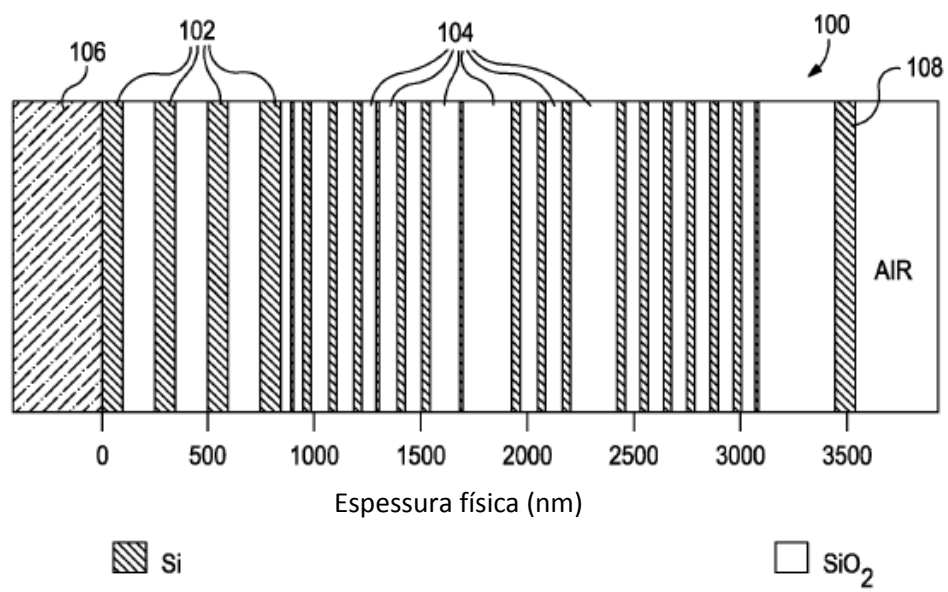


FIG. 1

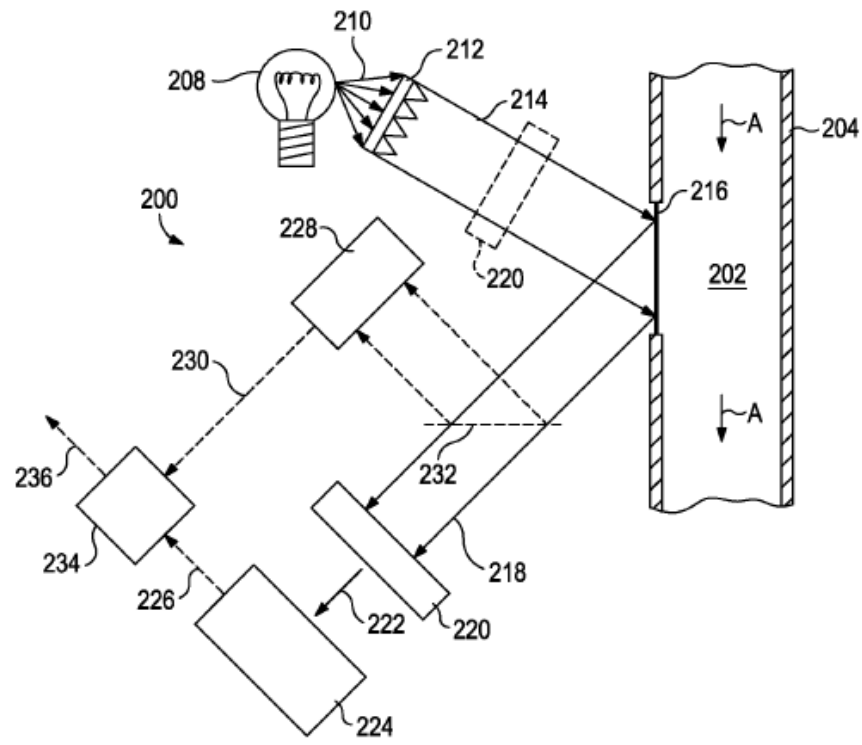


FIG. 2

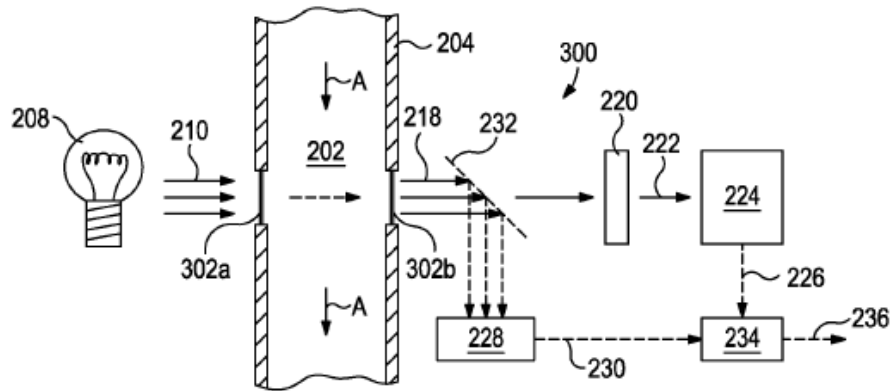


FIG. 3

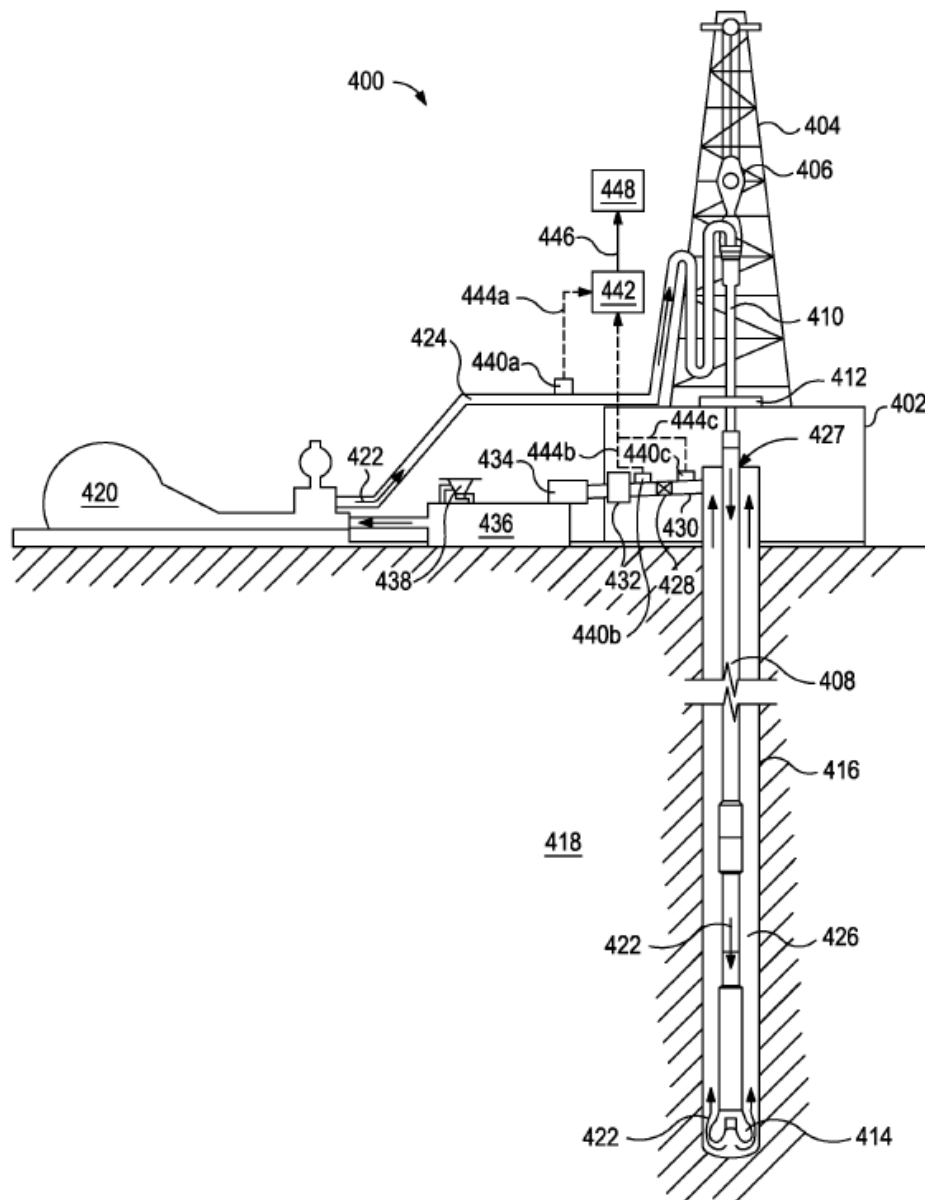


FIG. 4

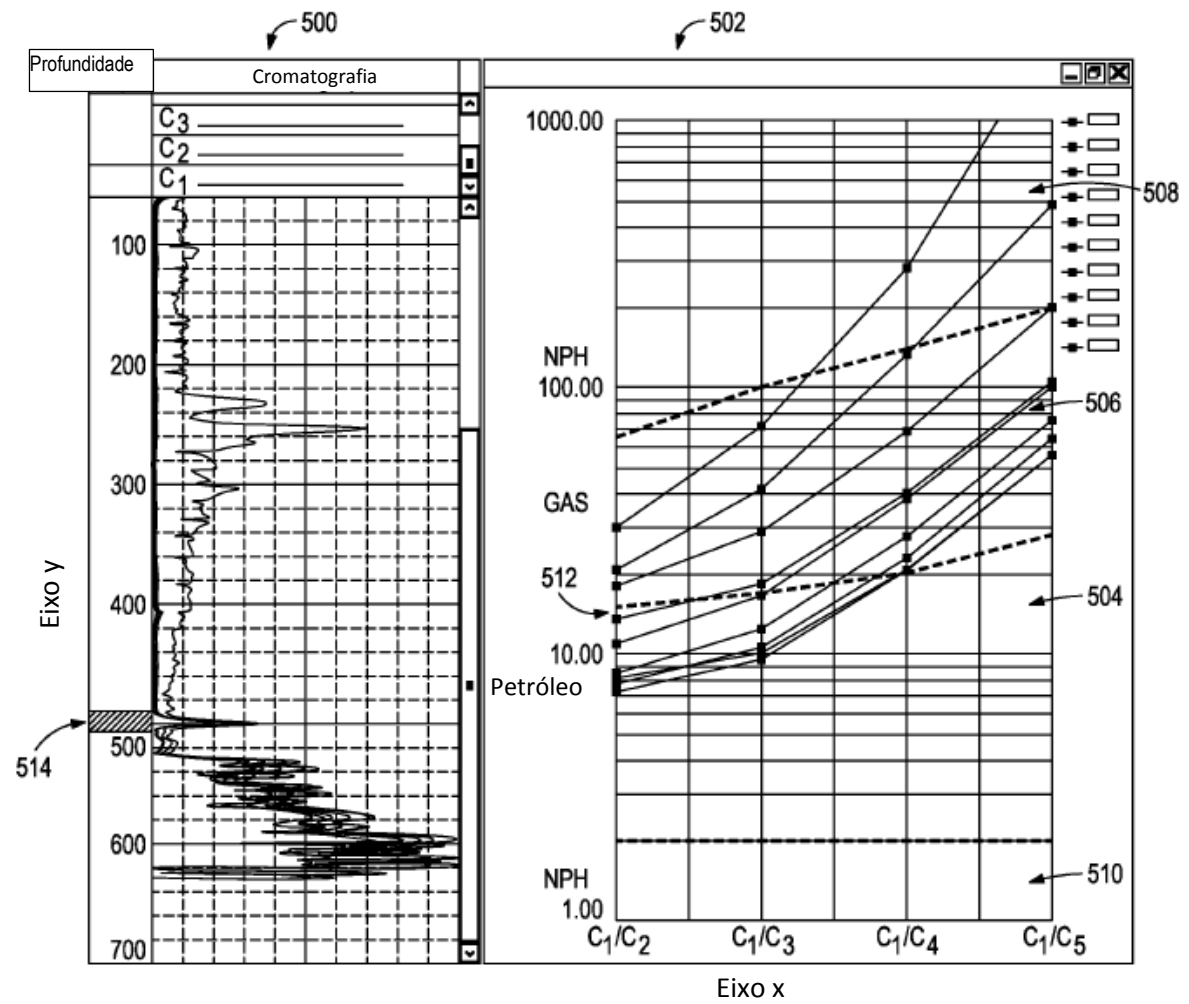


FIG. 5A

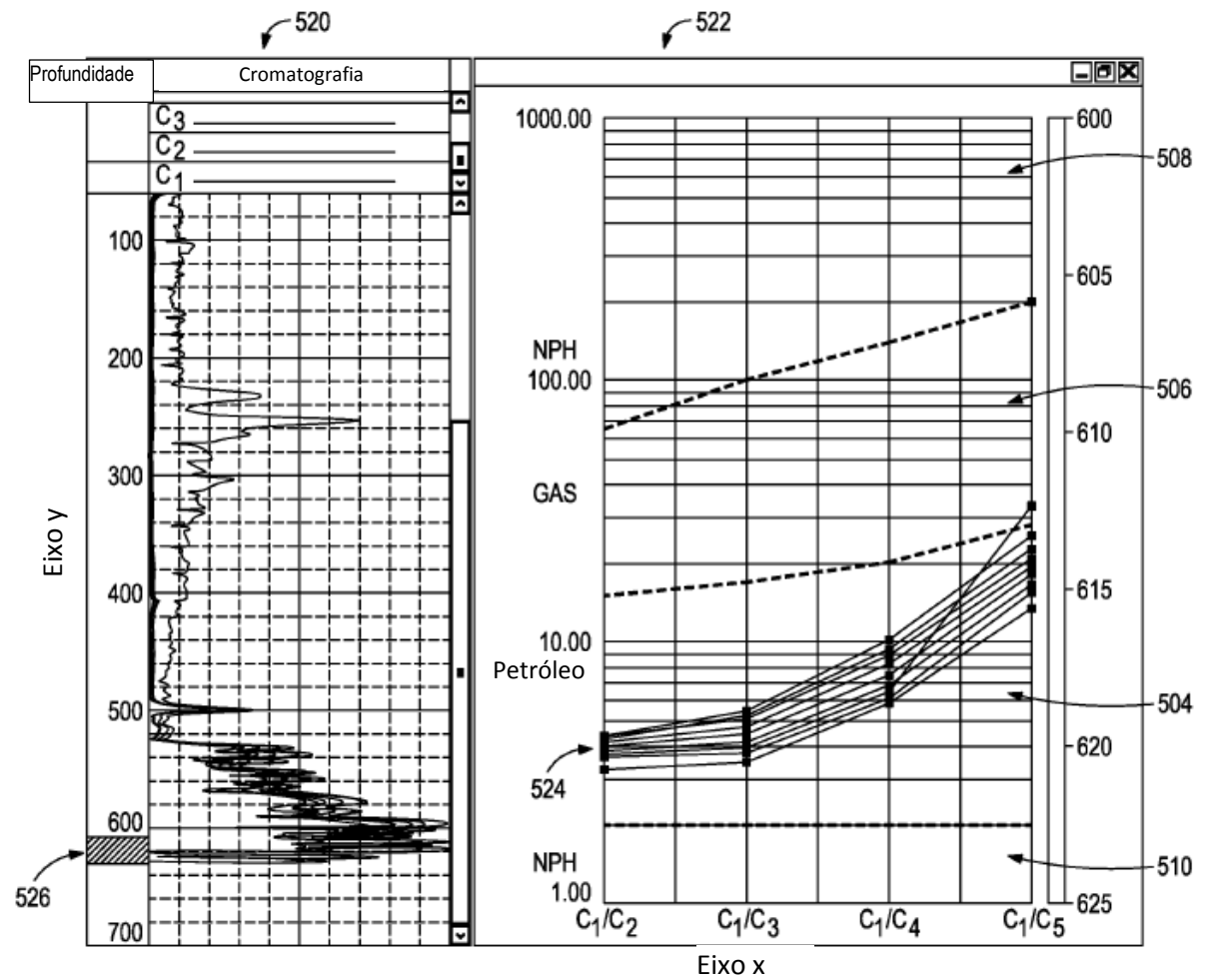


FIG. 5B

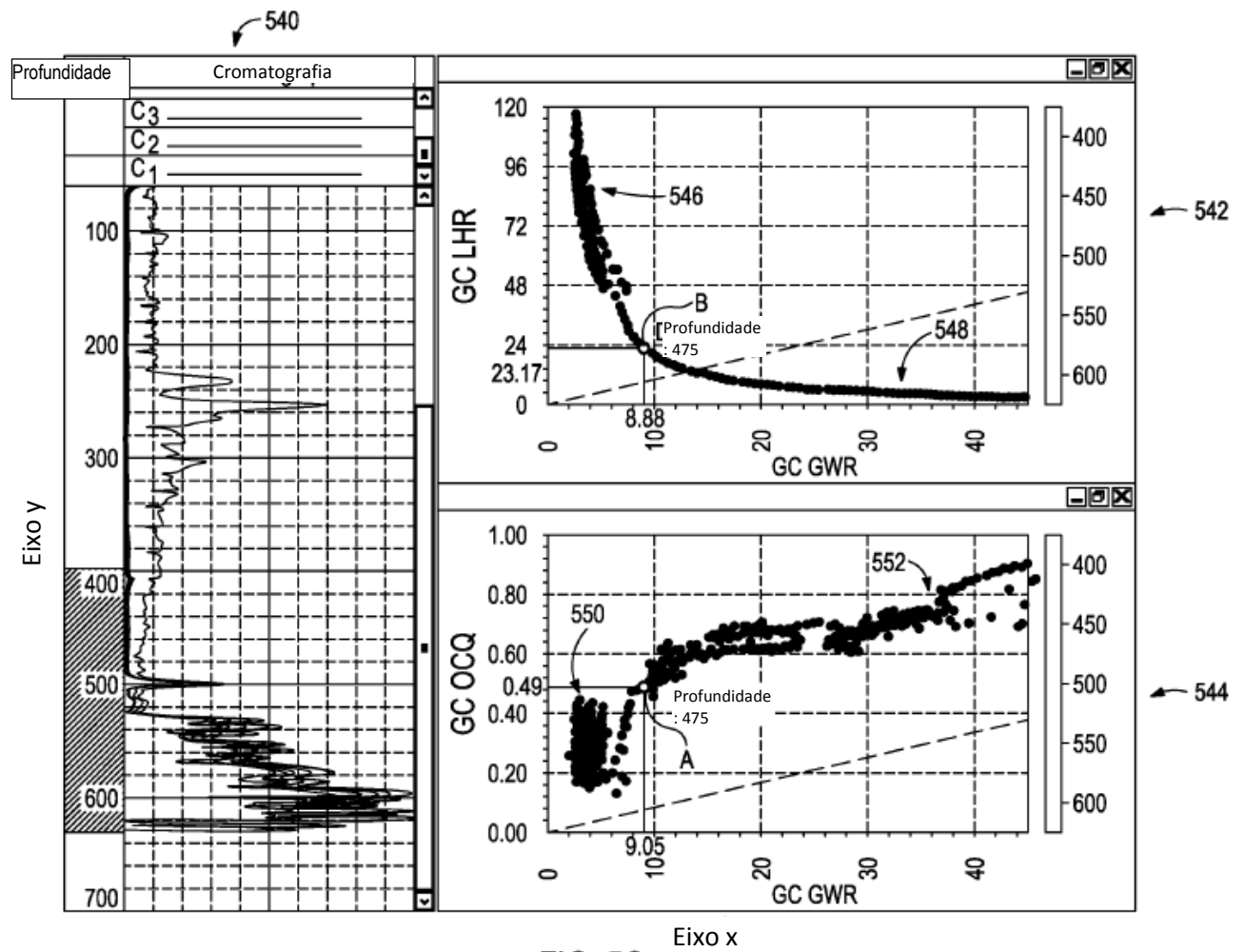


FIG. 5C

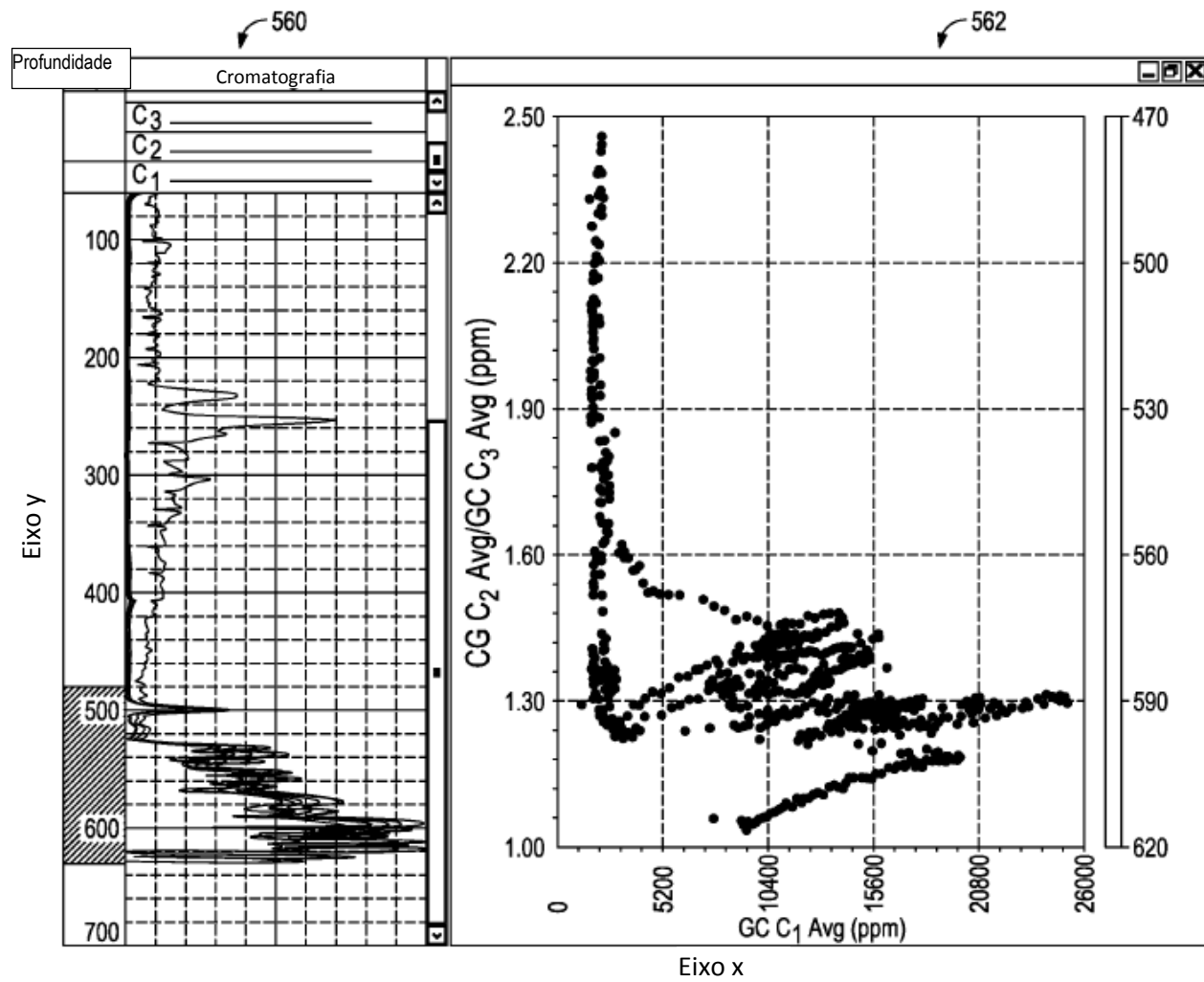


FIG. 5D