



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

(21) BR 102019006969-4 A2



(22) Data do Depósito: 05/04/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 20/10/2020

(54) **Título:** SISTEMA E MÉTODO DE MONITORAMENTO DE DUTOS E CABOS SUBMARINOS FLEXÍVEIS E PROCESSO DE CONFECÇÃO

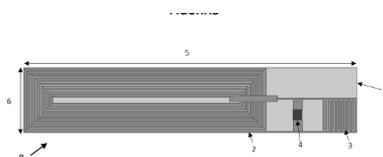
(51) **Int. Cl.:** G06K 19/067; G06K 7/00.

(52) **CPC:** G06K 19/067; G06K 7/00.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL; SIFT MONITOR ENGENHARIA LTDA.

(72) **Inventor(es):** THOMAS GABRIEL ROSAURO CLARKE; MARCELO FAVARO BORGES; MATHEUS FREITAS KUHN; ALBERTO BISOGNIN; HENRIQUE TORMEN HAAN DE OLIVEIRA.

(57) **Resumo:** A presente invenção revela um sistema de monitoramento compreendendo ao menos um sensor RFID (8), cuja resposta é dada em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor (8) e de seu entorno; ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) remotamente operável e comunicante com o sensor (8); e ao menos um módulo eletrônico comunicante com o dispositivo (7) e configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída (9) do dispositivo (7) por meio da resposta em frequência obtida do sensor (8). Um método de monitoramento compreendendo as etapas de posicionamento de ao menos um sensor (8) em ao menos uma parte de um duto ou cabo submarino flexível (10); excitação do sensor (8) por ao menos um dispositivo (7); leitura de um sinal de saída (9) provindo do sensor (8) pelo dispositivo (7); e operação por ao menos um módulo eletrônico. um processo de confecção de dutos ou cabos submarinos flexíveis (10) utilizando-se do sistema aqui revelado. A presente invenção se situa nos campos de monitoramento de estruturas por tecnologia de transmissão por radiofrequência.



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

SISTEMA E MÉTODO DE MONITORAMENTO DE DUTOS E CABOS SUBMARINOS FLEXÍVEIS E PROCESSO DE CONFECÇÃO

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção destina-se à inspeção e monitoramento de dutos ou cabos flexíveis. O sistema baseia-se em arranjos de sensores operando em radiofrequência que podem ser inseridos entre as camadas da estrutura de um duto ou cabo submarino flexível. Tais sensores podem detectar a permeação de gases ou de líquidos na região de sua instalação, ou mesmo monitorar a deformação de elementos estruturais. O campo técnico no qual a presente invenção essencialmente se situa é o de instrumentos de teste para detecção de variações de propriedades físicas, químicas ou mecânicas através de medições em radiofrequência de sensores, sendo também aplicável à área de extração e transporte de petróleo e de gás.

Antecedentes da Invenção

[0002] Com a crescente demanda de tecnologias que possibilitem ao Homem não só a transmissão de dados, mas também de matéria, ao longo de grandes distâncias e com segurança, a utilização de dutos e cabos submarinos flexíveis tem se popularizado, representando um novo objeto de estudo e desenvolvimento.

[0003] Como eventual consequência, encontra-se disponível no mercado uma gama de soluções que se adequem a tais necessidades, porém estas são suscetíveis a falhas e comprometimento do ecossistema no qual se encontram.

[0004] O modo de falha destas estruturas geralmente se dá pela ruptura de elementos estruturais, que geralmente são arames metálicos ou compósitos que lhe conferem resistência à tração. Estes elementos estão presentes na estrutura em números variáveis, que são função do diâmetro da estrutura e dos carregamentos esperados. A falha destes elementos pode ocorrer por

mecanismos de fadiga ou corrosão-fadiga quando água do mar adentra as camadas da estrutura e reage com gases como H₂S e CO₂, por exemplo, provindos do produto interno sendo transportado. Esta permeação de gases pela estrutura pode ocorrer naturalmente, mesmo através de camadas poliméricas intactas.

[0005] Em boa parte dos dutos e cabos submarinos flexíveis, não se dispõe de um sistema que possa monitorar tanto internamente quanto externamente a condição destes e, assim, minimizar, se não anular, as chances de propagação de uma falha na estrutura. Isto comprova a carência do estado da técnica atual por uma solução que traga de forma técnica a possibilidade de monitorar um duto ou um cabo submarino flexível de modo a detectar variações físicas, químicas ou mecânicas.

[0006] Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

[0007] O documento US2007/0090927 apresenta sistemas e métodos baseados em RFID para detecção química e biológica. No entanto, o documento não revela nem sugere a aplicação destes sensores para detecção seletiva de permeação de gases e líquidos não reativos (como petróleo e água do mar) dentre as camadas da estrutura, que é objeto da presente invenção.

[0008] Os documentos US2010/0134286 e US2010/0268479 apresentam sensores capacitivos RFID para a detecção de analitos presentes em soluções, utilizando substratos que possuem afinidade aos analitos e estes que se ligam aos substratos seletivamente. No entanto, os sensores têm pouca relação com os descritos na presente invenção, visto que são para aplicação específica em laboratórios, e os documentos mencionados não revelam nem sugerem possíveis aplicações para a detecção de gases e líquidos, ou medidas de deformação de elementos de estruturas, fatores estes de importância para a indústria petrolífera, nas condições consideradas na presente invenção.

[0009] O documento US2012/0001730 apresenta métodos e sistemas

para a interrogação integrada de sensores RFID, para a medida de grandezas digitais e analógicas em conjunto de um sistema, apenas, e baseiam-se nos mesmos princípios eletromagnéticos fundamentais, que são amplamente conhecidos e descritos frequentemente na literatura. No entanto, os documentos referidos não revelam nem sugerem nenhum tipo de possibilidade de uso dos sistemas registrados para detecção de presença de gases e líquidos selecionados, permeados entre as camadas de uma estrutura do tipo duto ou cabo submarino flexível.

[0010] O documento US2012/0126008 apresenta um sistema de identificação e rastreamento de tubos e equipamentos na área de óleo e gás utilizando a tecnologia RFID, porém não utiliza os sensores RFID para detecção de presença de gases e líquidos selecionados, permeados entre as camadas de uma estrutura do tipo duto ou cabo submarino flexível.

[0011] O documento US2016/0267769 revela um sistema para detecção de humidade utilizando RFID em ultra alta frequência (UHF). O conceito de mudança de valor de frequência de ressonância em função de uma alteração da capacitância pode ser verificado nesta patente. Entretanto, como o sensor opera em UHF, ocorre inviabilização da aplicação deste para a detecção de presença de gases e líquidos selecionados, permeados entre as camadas de uma estrutura do tipo duto ou cabo submarino flexível, já que estas estruturas operaram embaixo d'água e sistemas UHF não possuem bom funcionamento sob estas condições. Outro fato é que a patente não revela e nem sugere o uso do sensor para detecção de presença de gases e líquidos selecionados, permeados entre as camadas de uma estrutura do tipo duto ou cabo submarino flexível.

[0012] Os documentos BR 10 2013 007957-0 A2 e PI 08001011-0 A2 apresentam sistemas de monitoramento de dutos flexíveis por sistemas de sensores baseados em fibras ópticas, e o documento BR 10 2017 016471 3 descreve um sistema híbrido que associaria sensores baseados em fibras ópticas a sensores eletromagnético-acústicos (EMATs). Entretanto, estas

patentes não revelam nem sugerem o uso de sensores RFID para monitoramento de deformações ou ingresso de líquidos e gases ao longo da estrutura, e concentram-se no monitoramento das regiões próximas a terminações ou end-fittings.

[0013] O documento BR 102014012267-2 A2 apresenta um sistema de monitoramento de dutos flexíveis baseado em sensores magnetoelásticos que seriam inseridos entre as camadas da estrutura, possibilitando um monitoramento sem fio de toda a sua extensão. No entanto, a tecnologia RFID é fundamentalmente diferente da tecnologia de sensores magnetoelásticos. A tecnologia RFID é mais adequada às condições de operação sugeridas neste documento, visto que os sensores não exibem acoplamento eletromecânico, o que reduz a influência da pressão imposta pelas camadas da estrutura na sua resposta, tornando a técnica menos sensível a parâmetros de menor importância e garantindo uma maior capacidade de detecção de eventos de maior relevância para a avaliação de integridade da estrutura.

[0014] Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

[0015] É evidente que o estado da técnica não dispõe de uma solução que se utilize da tecnologia dos sensores RFID e que monitore a permeabilidade de líquidos ou gases, dentre outros fenômenos químicos, físicos e mecânicos que levem à falência um duto ou cabo submarino flexível. Ainda, não se evidencia no atual estado da técnica uma solução que consiga realizar tal monitoramento sob condições subaquáticas sem interferências irrelevantes.

Sumário da Invenção

[0016] Dessa forma, a presente invenção resolve os problemas do estado da técnica a partir de um sistema e de um método que possibilitam

monitorar um duto ou cabo submarino flexível de maneira remota e sem fios, fazendo uso de sensores RFID e de dispositivos para a excitação e leitura dos sinais enviados e recebidos, contando também com um módulo eletrônico para operar e transmitir os sinais recebidos.

[0017] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta um sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, compreendendo ao menos um sensor RFID, cuja resposta é dada em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor e de seu entorno; ao menos um dispositivo de excitação e leitura remotamente operável e comunicante com os sensores RFID; e ao menos um módulo eletrônico comunicante com o dispositivo de excitação e leitura e configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída do dispositivo de excitação e leitura por meio da resposta em frequência obtida do sensor RFID.

[0018] Em um segundo objeto, a presente invenção revela um método de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, o qual compreende as etapas de posicionamento de ao menos um sensor RFID, cuja resposta é dada em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor e de seu entorno, em ao menos uma parte de um duto ou cabo submarino flexível; excitação do sensor RFID por ao menos um dispositivo de excitação e leitura remotamente operável e comunicante com o sensor RFID; leitura de um sinal de saída provindo do sensor RFID pelo dispositivo de excitação e leitura; e operação por ao menos um módulo eletrônico configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída do dispositivo de excitação e leitura por meio da resposta em frequência obtida do sensor RFID.

[0019] Em um terceiro objeto, ainda, a presente invenção apresenta um processo de confecção de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, compreendendo um sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível. Este processo compreende qualquer uma das etapas de

confeção de um duto ou cabo submarino flexível compreendendo ao menos um sensor RFID, embutido interna ou externamente; confeção de um duto ou cabo submarino flexível compreendendo ao menos um dispositivo de excitação e leitura embutido interna ou externamente, em que dito dispositivo é comunicante com o sensor RFID; ou confeção de um duto ou cabo submarino flexível compreendendo meios de geração de movimento relativo entre um dispositivo de excitação e leitura e dito duto ou cabo submarino flexível.

[0020] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e serão descritos detalhadamente a seguir.

Breve Descrição das Figuras

[0021] São apresentadas as seguintes figuras:

[0022] A figura 1 mostra em detalhes uma concretização do sensor RFID.

[0023] A figura 2 mostra em detalhes uma concretização de um cabo submarino flexível e, ao lado, uma concretização esquemática de um dispositivo de excitação e leitura junto a um gráfico representativo dos sinais de entrada e de saída.

[0024] A figura 3 mostra uma concretização de um cabo submarino flexível com sensores RFID acoplados em sua superfície externa e entre suas camadas internas.

Descrição Detalhada da Invenção

[0025] A presente invenção utiliza de sensores RFID que são sensores ressonantes, que mudam sua operação frente a alterações na impedância de seu circuito elétrico, e que possibilitam detectar, dentre outros fatores, a presença de líquidos e gases e o nível de deformação de um sensor, especificamente de sua base, sobre a qual são acoplados seus componentes. Além disto, o sensor utilizado no sistema proposto não necessita de cabeamento, e pode ser operado à distância, remotamente, por um dispositivo

de excitação e leitura posicionado a dezenas de centímetros do sensor. A operação do sensor é garantida mesmo havendo camadas de material polimérico entre o dispositivo de excitação e leitura e o sensor. O material usado para confecção do sensor é de baixo custo, sendo utilizado em escala industrial em placas de circuito impresso. A confecção do dispositivo de excitação e leitura é simples e robusta, e a eletrônica de excitação é barata e simples, possibilitando, conforme a necessidade e utilização preferível, a leitura de diversos sensores simultaneamente.

[0026] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta um sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível (10), compreendendo ao menos um sensor RFID (8), em que compreende resposta em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor e de seu entorno; ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) remotamente operável e comunicante com o sensor RFID (8); e ao menos um módulo eletrônico comunicante com o dispositivo de excitação e leitura (7) e configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída (9) lidos pelo dispositivo de excitação e leitura (7) por meio da resposta em frequência obtida do sensor RFID (8).

[0027] Em uma concretização, com pode ser visto na figura 1, o sensor RFID (8), o qual é utilizado no sistema de monitoramento referido acima, compreende ao menos um entre: um circuito impresso (1), em que as regiões mais escuras representam o material condutor (2) do circuito impresso (1) utilizado, e é dotado de ao menos um componente com identificação por radiofrequência integrado (4); ao menos um componente com configuração interdigital capacitiva (3) compreendendo capacitância alterável; e ao menos uma componente em frequência natural suscetível a entrar em ressonância.

[0028] Em outra concretização, o dispositivo de excitação e leitura (7) compreende meios de geração de um campo eletromagnético indutivo compreendendo geração de um sinal de entrada (9) composto por uma banda de frequências pré-definidas; e meios de leitura de um sinal de saída (9); em

que dito dispositivo de excitação e leitura (7) é remotamente operável por ao menos um módulo eletrônico e comunicante com o sensor RFID (8).

[0029] Quando a frequência do campo eletromagnético indutivo aplicado (gerado pelo dispositivo de excitação e leitura (7)) é igual a uma das frequências naturais do sensor RFID (8), este entra em ressonância. Alterações no entorno ou no próprio componente interdigital capacitivo (3), bem como no próprio sensor RFID (8) causam uma modificação nas características de ressonância deste, permitindo uma correlação entre causa e efeito, bem como a sua quantificação.

[0030] Os sensores RFID (8) possuem ressonâncias que obedecem a seguinte equação:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (1.1)$$

[0031] Onde C é o valor da capacitância do sensor RFID (8), L é o valor da indutância do sensor RFID (8) e ω_0 é a frequência de ressonância angular do sensor RFID (8). A equação mostra que uma mudança na indutância e na capacitância do sensor RFID (8) provoca uma alteração na frequência de ressonância.

[0032] A alteração do sinal de saída (9) do sensor RFID (8) é gerada pelo componente interdigital capacitivo (3) e pelas trilhas de material condutor (2) do sensor (8), podendo ser aproximada pela equação:

$$C = \frac{(\varepsilon_0 \varepsilon_r A)}{d} \quad (2.1)$$

[0033] Onde C é a capacitância, ε_0 é a permissividade elétrica no vácuo, ε_r é a permissividade relativa, A é a área paralela dos condutores e d é a distância entre os condutores.

[0034] Nota-se que diversas opções de projeto podem ser aplicadas ao componente interdigital capacitivo (3) na busca da capacitância alvo e, conseqüentemente, da frequência de ressonância alvo. Alterações na permissividade relativa serão geradas e conseqüentemente alterações na capacitância irão gerar mudanças na frequência de ressonância do sensor

RFID (8). As Equações (1.1) e (2.1) mostram que alterações na permissividade relativa, área, ou na distância, levam a alterações quantificáveis nas suas características de ressonância. Assim, o sensor RFID (8) pode ser usado não apenas para gerar alarmes, mas também para quantificar eventos detectados.

[0035] Desta maneira, quando o sensor RFID (8) estiver inserido entre as camadas de um duto ou cabo submarino flexível (10), e esta sofrer ingresso de líquidos ou gases, ocorre a detecção ao reagirem ou provocarem mudanças nas características elétricas do sensor RFID (8). Tais reações ou mudanças nas propriedades destas camadas levam a alterações na frequência de ressonância.

[0036] A operação e monitoramento dos dispositivos de excitação e leitura (7) é realizada por ao menos um módulo eletrônico e, para fins de exemplificação da presente invenção, esta compreende, dentre outras inúmeras possibilidades, as funções de armazenar, processar, visualizar, interpretar, registrar e transmitir dados coletados dos sensores RFID (8) pelos dispositivos de excitação e leitura (7).

[0037] Em uma concretização, o módulo eletrônico compreende-se localizado no dispositivo de excitação e leitura (7) ou em um local remoto, podendo estabelecer comunicação com o dispositivo de excitação e leitura (7) em ambos os casos, e ainda estabelecer comunicação com outra unidade de monitoramento remota.

[0038] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um método de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível (10), compreendendo as etapas de posicionamento de ao menos um sensor RFID (8), em que compreende resposta em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor (8) e de seu entorno, em ao menos uma parte de um duto ou cabo submarino flexível (10); excitação do sensor RFID (8) por ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) remotamente operável e comunicante com o sensor RFID (8), em que esta etapa ocorre por meio do envio de um sinal de entrada (9) composto

por uma banda de frequências pré-definidas; leitura de um sinal de saída (9) provindo do sensor RFID (8) pelo dispositivo de excitação e leitura (7), como ilustrado na figura 2; e operação por ao menos um módulo eletrônico configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída (9) do dispositivo de excitação e leitura (7) por meio da resposta em frequência obtida do sensor RFID (8)

[0039] Em uma concretização, o sensor RFID (8) compreende posicionamento longitudinal ao longo da extensão do duto ou cabo submarino flexível (10); ou posicionamento circunferencial em torno de uma seção transversal do duto ou cabo submarino flexível (10); em que o sensor RFID (8), de acordo com a figura 3, é acoplado em ao menos um entre: na superfície da camada externa de um duto ou cabo submarino flexível (10); na superfície da camada interna de um duto ou cabo submarino flexível (10); ou entre duas camadas internas de um duto ou cabo submarino flexível (10).

[0040] Em uma concretização, a detecção do sensor RFID (8) compreende ao menos uma das etapas de variação de ao menos uma frequência de ressonância, conforme modificação física, química ou mecânica no entorno ou no próprio dito sensor RFID (8); quantificação das variações detectadas, com base nos parâmetros do próprio dito sensor RFID (8); ou operação de ao menos dois sensores RFID (8) compreendida por funções distintas entre si.

[0041] Em uma concretização, a disposição do dispositivo de excitação e leitura (7) compreende qualquer uma das configurações em que há deslocamento do dispositivo de excitação e leitura (7) relativo ao sensor RFID (8) e ao duto ou cabo submarino flexível (10); ou em que há acoplamento estático do dispositivo de excitação e leitura (7) relativo ao sensor RFID (8) e ao duto ou cabo submarino flexível (10).

[0042] Em uma concretização, ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) realiza a excitação dos sensores RFID (8) e a leitura dos sinais de saída (9), compreendendo as etapas de excitação dos sensores RFID (8) por

um campo eletromagnético gerado por dito dispositivo de excitação e leitura (7); e leitura compreendida pela análise de variações nos parâmetros eletromagnéticos do sensor RFID (8) compreendidas no sinal de saída (9), realizada por dito dispositivo de excitação e leitura (7). Dito dispositivo de excitação e leitura (7) compreende transmissão de dados e comunicação para com o módulo eletrônico.

[0043] Em outra concretização, ao menos dois dispositivos de excitação e leitura (7) realizam a excitação dos sensores RFID (8) e leitura dos sinais de saída (9), compreendendo as etapas de excitação do sensor RFID (8) por um campo eletromagnético com uma primeira frequência determinada gerado por ao menos um primeiro dispositivo de excitação e leitura (7); excitação do sensor RFID (8) por um campo eletromagnético com uma segunda frequência determinada, diferente e menor que a primeira, gerado por ao menos um segundo dispositivo de excitação e leitura (7); e leitura compreendida pela análise de variações nos parâmetros eletromagnéticos do sensor RFID (8) compreendidas no sinal de saída (9), e realizada por dito dispositivo de excitação e leitura (7), em que a obtenção do sinal de saída (9) pelo segundo dispositivo de excitação e leitura (7) aponta para uma detecção no duto ou cabo submarino flexível (10), o que evidencia potencial risco à estrutura. Ditos dispositivos de excitação e leitura (7) compreendem transmissão de dados e comunicação para com o módulo eletrônico

[0044] É importante destacar que, para fins de exemplificação da presente invenção, foi utilizado um mesmo dispositivo para a realização da excitação dos sensores RFID (8) e da leitura dos sinais de saída. Isso não limita o escopo da invenção, possibilitando a utilização de um ou mais dispositivos de excitação e leitura (7) dedicados a uma ou mais funções, sejam elas funções de leitura ou de excitação, conforme preferência e necessidade do utilizador.

[0045] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um processo de confecção de ao menos um duto ou cabo submarino flexível (10)

compreendendo um sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível (10). Tal processo de confecção compreende qualquer uma das etapas de confecção de um duto ou cabo submarino flexível (10) compreendendo ao menos um sensor RFID (8) embutido interna ou externamente; confecção de um duto ou cabo submarino flexível (10) compreendendo ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) embutido interna ou externamente, em que dito dispositivo de excitação e leitura (7) é comunicante com o sensor RFID (8); ou confecção de um duto ou cabo submarino flexível (10) compreendendo meios de geração de movimento relativo entre um dispositivo de excitação e leitura (7) e dito duto ou cabo submarino flexível (10).

[0046] Assim, é evidente que a presente invenção revela um sistema inovador de ampla utilidade para monitorar dutos ou cabos submarinos flexíveis, minimizando, se não anulando, potenciais riscos à estrutura e ao ecossistema no qual ela se encontra, além de trazer um método para a aplicação de tal sistema e um processo de produção de dutos ou cabos submarinos flexíveis que façam uso da invenção aqui apresentada. Os setores e campos técnicos que fazem uso de tecnologias como a aqui apresentada são beneficiados pela invenção revelada, possibilitando sua maior competitividade econômica e melhoria em serviços prestados que façam uso de dutos e cabos submarinos flexíveis.

Exemplo – Sistema e Método de Monitoramento de Cabos Submarinos Flexíveis

[0047] Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

Exemplo

[0048] O Sistema e Método de Monitoramento de Cabos Submarinos Flexíveis é uma das possíveis concretizações da presente invenção, a qual em

seu primeiro objeto apresentou um sistema de monitoramento de cabos submarinos flexíveis (10) compreendendo ao menos um sensor RFID (8), em que compreende resposta em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor (8) e de seu entorno; ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) remotamente operável e comunicante com o sensor RFID (8); e ao menos um módulo eletrônico comunicante com o dispositivo de excitação e leitura (7) e configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída (9) lidos pelo dispositivo de excitação e leitura (7) por meio da resposta em frequência obtida do sensor RFID (8).

[0049] Nesta concretização, o sensor RFID (8) compreendeu um circuito impresso (1) dotado de um componente com identificação por radiofrequência integrado (4); um componente com configuração interdigital capacitiva (3) compreendendo capacitância alterável; e ao menos uma componente em frequência natural suscetível a entrar em ressonância.

[0050] Nesta concretização, dito sensor RFID (8) era do tipo planar, possuía dimensões longitudinal (5) e transversal (6) iguais à 80mm e 14mm, respectivamente, como representado na figura 1, e possuía sua primeira frequência de ressonância igual à 13.56 MHz. Estas dimensões foram utilizadas para fim da exemplificação, e podem ser variadas de acordo com o projeto solicitado para aplicação. Em seu componente com configuração interdigital capacitiva (3), foi produzida uma camada de detecção sobre sua superfície tanto por meio uma modificação física quanto por meio de uma modificação química, com a finalidade de reagir e alterar as propriedades eletromagnéticas do sensor RFID (8), quando em contato com gases ou líquidos, de forma seletiva ou indiscriminada. As alterações puderam ser quantificadas com base nas equações de frequência de ressonância angular (1.1) e de capacitância (2.1), apresentadas anteriormente. São exemplos de camadas utilizadas nesta concretização óxidos depositados por vaporização, para detecção de líquidos, e compostos orgânicos, depositados manualmente

na superfície previamente oxidada do material (uma modificação físico-química da própria superfície deste material), para reação com gases.

[0051] Nesta concretização, o dispositivo de excitação e leitura (7) compreendeu meios de geração de um campo eletromagnético indutivo por corrente alternada compreendendo geração de um sinal de entrada (9) composto por uma banda de frequências pré-definidas; e meios de leitura de um sinal de saída (9); em que dito dispositivo de excitação e leitura (7) é remotamente operável por ao menos um módulo eletrônico e comunicante com o sensor RFID (8).

[0052] Nesta concretização, o módulo eletrônico foi compreendido por estar tanto no dispositivo de excitação e leitura (7) quanto em um lugar remoto, isto é, não estar junto ao dispositivo de excitação e leitura (7).

[0053] Nesta concretização, o cabo submarino flexível (10) compreendeu armaduras de tração da estrutura (11) e capa polimérica externa (12).

[0054] Em um segundo objeto deste mesmo exemplo, foi apresentado um método de monitoramento de um cabo submarino flexível (10) por meio de uma concretização que compreendeu as etapas de posicionamento de ao menos um sensor RFID (8), em que compreende resposta em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor (8) e de seu entorno, em ao menos uma parte do cabo submarino flexível (10); excitação do sensor RFID (8) por ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) remotamente operável e comunicante com o sensor RFID (8); leitura de um sinal de saída (9) provindo do sensor RFID (8) pelo dispositivo de excitação e leitura (7); e operação por ao menos um módulo eletrônico configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída (9) lidos pelo dispositivo de excitação e leitura (7) por meio da resposta em frequência obtida do sensor RFID (8).

[0055] Nesta mesma concretização, o sensor RFID (8) compreendeu tanto posicionamento longitudinal ao longo da extensão do cabo submarino (10), como ilustrado na figura 3, quanto posicionamento circunferencial em

torno de uma seção transversal do cabo submarino (10); em que o sensor RFID (8), de acordo com a figura 3, foi acoplado ao tanto na superfície da camada externa do cabo submarino flexível (10) quanto entre duas camadas internas do cabo submarino flexível (10).

[0056] Nesta mesma concretização, a detecção dos sensores RFID (8) compreendeu as etapas de variação de ao menos uma frequência de ressonância, conforme modificação física, química ou mecânica no entorno ou no próprio dito sensor RFID (8); quantificação das variações detectadas, com base nos parâmetros do próprio dito sensor RFID (8); e operação de ao menos dois sensores RFID (8) compreendida por funções distintas entre si.

[0057] Nesta mesma concretização, a configuração da disposição do dispositivo de excitação e leitura (7) compreendeu tanto o deslocamento do dispositivo de excitação e leitura (7) relativo ao sensor RFID (8) e ao cabo submarino flexível (10), quanto o acoplamento estático do dispositivo de excitação e leitura (7) relativo ao sensor RFID (8) e ao cabo submarino flexível (10).

[0058] Na configuração de uma disposição do dito dispositivo de excitação e leitura (7) compreendendo o deslocamento relativo, como referido acima, foi utilizado tanto um veículo de operação remota (ROV) quanto um veículo de operação autônoma (AOV), para que fosse gerado um movimento relativo que configurasse tal disposição.

[0059] Nesta concretização, a excitação e a leitura realizada pelo dispositivo de excitação e leitura (7) compreendeu tanto a utilização de um dispositivo de excitação e leitura (7) quanto a utilização de ao menos um primeiro e ao menos um segundo dispositivos de excitação e leitura (7).

[0060] Na concretização em que foi utilizado um dispositivo de excitação e leitura (7), foram compreendidas as etapas de excitação dos sensores RFID (8) por um campo eletromagnético gerado por dito dispositivo de excitação e leitura (7); e leitura compreendida pela análise de variações nos parâmetros eletromagnéticos do sensor RFID (8) compreendidas no sinal de saída (9),

realizada por dito dispositivo de excitação e leitura (7).

[0061] Na concretização em que foi utilizado ao menos um primeiro e ao menos um segundo dispositivos de excitação e leitura (7), foram compreendidas as etapas de excitação do sensor RFID (8) por um campo eletromagnético com uma primeira frequência determinada, gerado pelo primeiro dispositivo de excitação e leitura (7); excitação do sensor RFID (8) por um campo eletromagnético com uma segunda frequência determinada, diferente e menor que a primeira, gerado pelo segundo dispositivo de excitação e leitura (7); e leitura compreendida pela análise de variações nos parâmetros eletromagnéticos do sensor RFID (8) compreendidas no sinal de saída (9), e realizada por dito dispositivo de excitação e leitura (7), em que a obtenção do sinal de saída (9) pelo segundo dispositivo de excitação e leitura (7) aponta para uma detecção no cabo submarino flexível (10).

[0062] Dito dispositivo de excitação e leitura (7) utilizado na concretização compreendia transmissão de dados e comunicação para com o módulo eletrônico.

[0063] Em um terceiro objeto deste exemplo, foi apresentado pela invenção em questão, por meio de uma concretização, um processo de confecção de um cabo submarino flexível (10) compreendendo um sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível. Tal processo de confecção compreendeu as etapas de confecção do cabo submarino flexível (10) compreendendo ao menos um sensor RFID (8) embutido tanto internamente quanto externamente; confecção de um cabo submarino flexível (10) compreendendo ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) embutido tanto internamente quanto externamente, em que dito dispositivo de excitação e leitura (7) é comunicante com o sensor RFID (8); e confecção de um cabo submarino flexível (10) compreendendo meios de geração de movimento relativo entre um dispositivo de excitação e leitura (7) e dito cabo submarino flexível (10).

[0064] Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui

apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes e alternativas, abrangidas pelo escopo das reivindicações a seguir.

Reivindicações

1. Sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível **caracterizado** por compreender:
 - a. ao menos um sensor RFID (8) em que compreende resposta em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor (8) e de seu entorno;
 - b. ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) remotamente operável e comunicante com o sensor RFID (8); e
 - c. ao menos um módulo eletrônico comunicante com o dispositivo de excitação e leitura (7) e configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída (9) lidos pelo dispositivo de excitação e leitura (7) por meio da resposta em frequência obtida do sensor RFID (8).
2. Sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por o sensor RFID (8) compreender ao menos um entre:
 - a. um circuito impresso (1) dotado de ao menos um componente com identificação por radiofrequência integrado (4);
 - b. ao menos um componente com configuração interdigital capacitiva (3) compreendendo capacitância alterável; e
 - c. ao menos uma componente em frequência natural suscetível a entrar em ressonância.
3. Sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por o dispositivo de excitação e leitura (7) compreender:
 - a. meios de geração de um campo eletromagnético indutivo compreendendo geração de um sinal de entrada (9) composto por uma banda de frequências pré-definidas; e
 - b. meios de leitura de um sinal de saída (9);
em que dito dispositivo de excitação e leitura (7) é remotamente

operável por ao menos um módulo eletrônico e comunicante com o sensor RFID (8).

4. Sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por o módulo eletrônico ser compreendido em ao menos um entre:

- a. no dispositivo de excitação e leitura (7); ou
- b. em um local remoto.

5. Método de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, **caracterizado** por compreender as etapas de:

- a. posicionamento de ao menos um sensor RFID (8), em que compreende resposta em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor (8) e de seu entorno, em ao menos uma parte de um duto ou cabo submarino flexível (10);
- b. excitação do sensor RFID (8) por ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) remotamente operável e comunicante com o sensor RFID (8);
- c. leitura de um sinal de saída (9) provindo do sensor RFID (8) pelo dispositivo de excitação e leitura (7); e
- d. operação por ao menos um módulo eletrônico configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída (9) lidos pelo dispositivo de excitação e leitura (7) por meio da resposta em frequência obtida do sensor RFID (8).

6. Método de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** por compreender:

- a. posicionamento do sensor RFID (8) longitudinal ao longo da extensão do duto ou cabo submarino flexível (10); ou
- b. posicionamento do sensor RFID (8) circunferencial em torno de uma seção transversal do duto ou cabo submarino flexível (10); em que o sensor RFID (8) é acoplado em ao menos um entre:

- i. na superfície da camada externa de um duto ou cabo submarino flexível (10);
- ii. na superfície da camada interna de um duto ou cabo submarino flexível (10); ou
- iii. entre duas camadas internas de um duto ou cabo submarino flexível (10).

7. Método de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 e 6, **caracterizado** por a detecção dos sensores RFID (8) compreender ao menos uma das etapas de:

- a. variação de ao menos uma frequência de ressonância, conforme modificação física, química ou mecânica no entorno ou no próprio dito sensor RFID (8);
- b. quantificação das variações detectadas, com base nos parâmetros do próprio dito sensor RFID (8); ou
- c. operação de ao menos dois sensores RFID (8) compreendida por funções distintas entre si.

8. Método de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, **caracterizado** por compreender ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7), em que a disposição de dito dispositivo de excitação e leitura (7) compreende qualquer uma das configurações:

- a. deslocamento do dispositivo de excitação e leitura (7) relativo ao sensor RFID (8) e ao duto ou cabo submarino flexível (10); ou
- b. acoplamento estático do dispositivo de excitação e leitura (7) relativo ao sensor RFID (8) e ao duto ou cabo submarino flexível (10).

9. Método de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, **caracterizado** por a excitação e a leitura do dispositivo de excitação e leitura (7) compreender as etapas compreendidas por qualquer uma das alternativas:

a. ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7), compreendendo:

i. excitação dos sensores RFID (8) por um campo eletromagnético gerado por dito dispositivo de excitação e leitura (7); e

ii. leitura compreendida pela análise de variações nos parâmetros eletromagnéticos do sensor RFID (8) compreendidas no sinal de saída (9), realizada por dito dispositivo de excitação e leitura (7); ou

b. ao menos um primeiro e ao menos um segundo dispositivos de excitação e leitura (7), compreendendo:

i. excitação do sensor RFID (8) por um campo eletromagnético com uma primeira frequência determinada gerado pelo primeiro dispositivo de excitação e leitura (7);

ii. excitação do sensor RFID (8) por um campo eletromagnético com uma segunda frequência determinada, diferente e menor que a primeira, gerado pelo segundo dispositivo de excitação e leitura (7); e

iii. leitura compreendida pela análise de variações nos parâmetros eletromagnéticos do sensor RFID (8) compreendidas no sinal de saída (9), e realizada por dito dispositivo de excitação e leitura (7), em que a obtenção do sinal de saída (9) pelo segundo dispositivo de excitação e leitura (7) aponta para uma detecção no duto ou cabo submarino flexível (10);

em que dito dispositivo de excitação e leitura (7) compreende transmissão de dados e comunicação para com o módulo eletrônico.

10. Processo de confecção de ao menos um duto ou cabo submarino flexível compreendendo um sistema de monitoramento de ao menos um duto ou cabo submarino flexível, **caracterizado** por compreender qualquer uma das etapas:

- a. confecção de um duto ou cabo submarino flexível (10) compreendendo ao menos um sensor RFID (8) embutido interna ou externamente;
- b. confecção de um duto ou cabo submarino flexível (10) compreendendo ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) embutido interna ou externamente, em que dito dispositivo de excitação e leitura (7) é comunicante com o sensor RFID (8); ou
- c. confecção de um duto ou cabo submarino flexível (10) compreendendo meios de geração de movimento relativo entre um dispositivo de excitação e leitura (7) e dito duto ou cabo submarino flexível (10).

FIGURAS

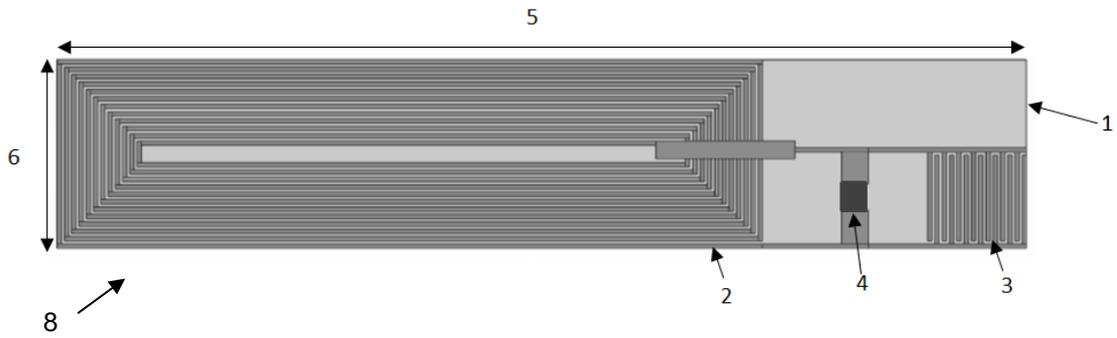


Figura 1

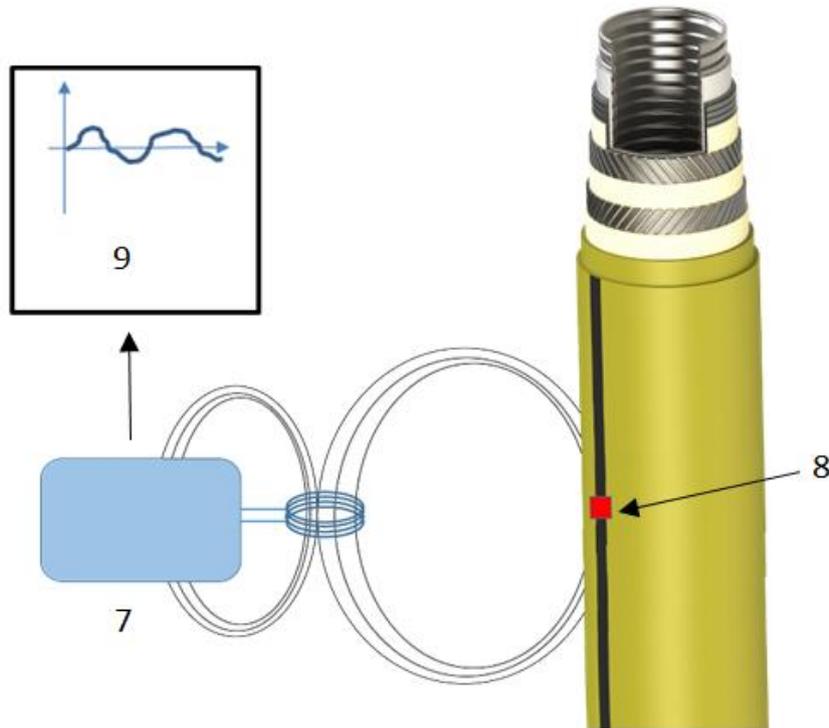


Figura 2

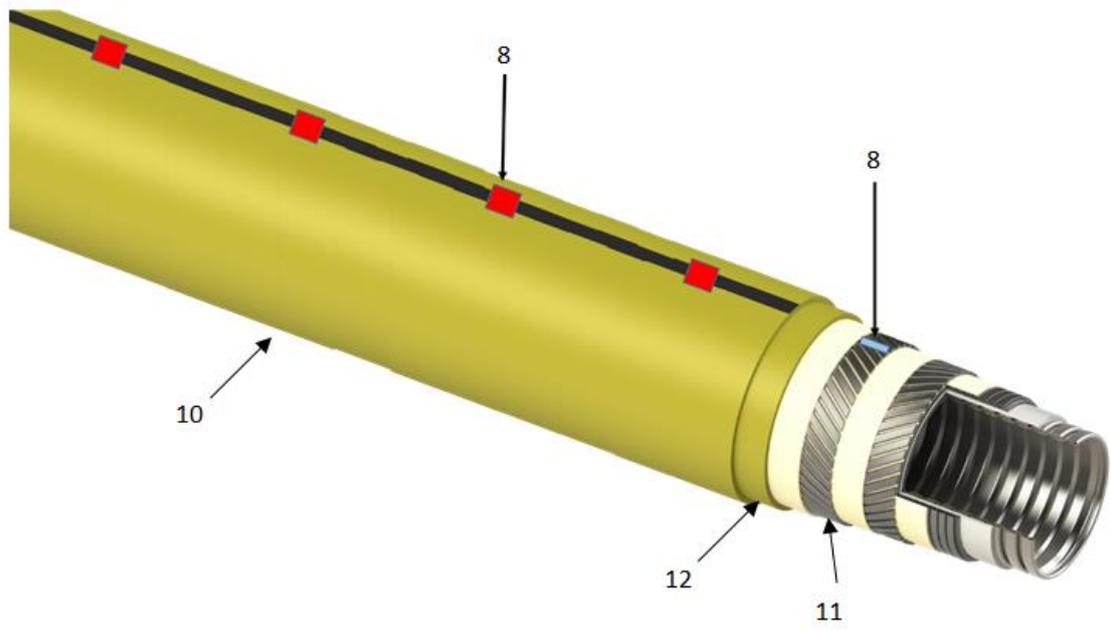


Figura 3

Resumo**SISTEMA E MÉTODO DE MONITORAMENTO DE DUTOS E CABOS
SUBMARINOS FLEXÍVEIS E PROCESSO DE CONFECÇÃO**

A presente invenção revela um sistema de monitoramento compreendendo ao menos um sensor RFID (8), cuja resposta é dada em frequência a partir de modificações nas características físicas, químicas ou mecânicas do próprio sensor (8) e de seu entorno; ao menos um dispositivo de excitação e leitura (7) remotamente operável e comunicante com o sensor (8); e ao menos um módulo eletrônico comunicante com o dispositivo (7) e configurado para operar e transmitir remotamente os sinais de saída (9) do dispositivo (7) por meio da resposta em frequência obtida do sensor (8). Um método de monitoramento compreendendo as etapas de posicionamento de ao menos um sensor (8) em ao menos uma parte de um duto ou cabo submarino flexível (10); excitação do sensor (8) por ao menos um dispositivo (7); leitura de um sinal de saída (9) provindo do sensor (8) pelo dispositivo (7); e operação por ao menos um módulo eletrônico. um processo de confecção de dutos ou cabos submarinos flexíveis (10) utilizando-se do sistema aqui revelado. A presente invenção se situa nos campos de monitoramento de estruturas por tecnologia de transmissão por radiofrequência.