República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 10 2013 006814-4 A2

(22) Data de Depósito: 25/03/2013
(43) Data da Publicação: 11/11/2014
(RPI 2288)

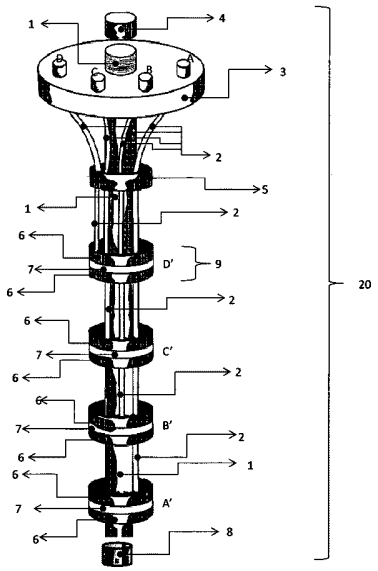
(51) Int.Cl.:
E21B 33/122
E21B 49/08

(54) Título: DISPOSITIVO MULTINÍVEL, SISTEMA E MÉTODO DE COLETA DE AMOSTRAS DE FLUÍDO DE PORO EM SOLOS E ROCHAS

(73) Titular(es): UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

(72) Inventor(es): CARLOS ALBERTO MENDONÇA, IRAN BENTO DE GODOI

(57) Resumo: DISPOSITIVO MULTINÍVEL, SISTEMA E MÉTODO DE COLETA DE AMOSTRAS DE FLUIDO DE PORO EM SOLOS E ROCHAS A presente invenção descreve um dispositivo multinivel para a amostragem em condições de campo do fluido de poro nas fases gasosa, líquida ou mista, em solos e rochas. O dispositivo pode ser colocado no interior de poços de monitoramento para finalidade de estudos de contaminação do solo e da água subterrânea, bem como para estudos ambientais diversos que envolvem a coleta e análise de fluido de poro. O dispositivo compreende um tubo central, ao redor do qual são instalados tubos de amostragem que se estendem de forma contínua desde a superfície do terreno até uma profundidade específica no interior de um poço de monitoramento. As terminações de cada tubo de amostragem em profundidade são revestidas por um filtro de amostragem, para evitar a obstrução dos tubos de amostragem por agregados de solos ou rochas. O filtro de amostragem, por sua vez, é protegido no topo e na base por dispositivos em forma de anel, para evitar danos mecânicos em sua estrutura durante sua inserção no poço. A presente invenção descreve, adicionalmente, um sistema de coleta de amostras de água, por exemplo, o qual compreende um circuito com uma torneira de três vias, uma seringa de extração, uma seringa coletora, uma mangueira ou tubo maleável, um recipiente coletor e uma terminação perfurante. Por esse sistema, a coleta da solução aquosa ocorre por sucção. Ainda, é revelado pela invenção um método de coleta de amostra e remoção de água estagnada, que são realizados em circuito fechado e movimentam um volume não superior a um décimo de litro, o que previne a exposição do operador a agentes nocivos.



DISPOSITIVO MULTINÍVEL, SISTEMA E MÉTODO DE COLETA DE AMOSTRAS DE FLUIDO DE PORO EM SOLOS E ROCHAS

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção se insere no campo da hidrologia, de caracterização dos recursos hídricos subterrâneos, e análise de solos por se referir a um dispositivo, a um sistema e a um método de coleta de amostras de fluido de poro de partes e profundidades específicas do solo ou de uma rocha.

ESTADO DA TÉCNICA

A avaliação ambiental de áreas com risco de contaminação do solo e dos recursos hídricos subterrâneos é de grande importância na atualidade, uma vez que compostos tóxicos que degradam a qualidade das águas subterrâneas podem permanecer por séculos no substrato terrestre, colocando em risco a saúde pública e o meio ambiente.

Em áreas contaminadas, mecanismos simultâneos de transporte de fluidos, como água e gás, pelos poros dos meios subterrâneos fazem com que uma fonte primária com substâncias contaminantes se estenda muito além de sua área de confinamento, criando o que se denomina pluma de contaminação.

Procedimentos específicos de amostragem em poços de monitoramento devem ser utilizados na delimitação de uma pluma de contaminação. Para tanto, são utilizados os poços de monitoramento (ABNT, 1997), que permitem a amostragem em uma profundidade específica.

Como solução, visando tornar possível a avaliação de profundidades diferentes, um conjunto de poços, na prática dois ou três, devia ser instalado de forma justaposta para amostrar níveis distintos em profundidade. O reconhecimento

de gradientes de concentração com a profundidade exige a amostragem ao longo do poço (Smith et al., 1991).

No documento de patente US4538683 de 1985, um sistema de amostragem multinível é apresentado, no qual diferentes portas de amostragem são conectadas seletivamente a um tubo comum de amostragem. A seleção da porta de amostragem é realizada por um dispositivo mecânico com encaixe rotativo, acionado a partir de sua terminação em superfície. No entanto, o ambiente hostil do meio contaminante poderia comprometer o mecanismo de encaixe rotativo.

No documento US4838079, é descrito um sistema com módulos de encaixe, em que cada módulo disponibiliza uma abertura a uma porta de amostragem em profundidade. Cada módulo possui câmaras embutidas que, no encaixe dos módulos, dão continuidade a um ponto específico de amostragem. O sistema apresentado, entretanto, descreve junções vulneráveis que podem comprometer a qualidade das amostras.

Enquanto isso, no documento US5922975 de 1999, um sistema de amostragem multinível é apresentado, no qual dois tubos concêntricos com mosaicos de sulcos contínuos permitem, por rotação do tubo interno, conectar sulcos com conexão a portas específicas de amostragem. Em relação a esse projeto, é notável que a rigidez flexural e o peso do dispositivo dificultam sua instalação.

No documento US6865933B1 de 2005, um sistema de amostragem multinível é apresentado, onde seis a sete níveis de amostragem são configurados pela divisão interna de um tubo central. Os níveis de amostragem são definidos perfurando um dos compartimentos a uma profundidade específica. A separação entre níveis de amostragem é feita

por bolsas de argila expansível. Em relação a esse dispositivo, Einarson e Cherry (2002) apresentam testes de campo, concluindo que devido ao volume das câmaras, o volume de purga é substancial (alguns litros), alterando, por interferência, as condições originais em pontos adjacentes de amostragem.

Como solução para as deficiências identificadas no estado da técnica, a presente invenção descreve um dispositivo em que um conjunto de tubos de amostragem que o compõe permite que horizontes específicos em profundidade sejam amostrados, cobrindo assim uma faixa de profundidade em intervalos regulares, proporcional ao espaçamento entre saídas de amostragem e número de portas instaladas.

As terminações dos tubos de amostragem, as quais estão acessíveis na superfície, podem ser utilizadas para determinar a variação de pressão em função da profundidade e também para realizar testes de estímulo e resposta em estudos geoquímicos. Os tubos de amostragem podem, ainda, ser utilizados para a remoção de material contaminante em profundidades específicas por sucção. Além disso, o dispositivo pode identificar a profundidade do lençol freático com erro menor ou igual à metade da distância entre portas adjacentes de amostragem.

O dispositivo da presente invenção apresenta estrutura leve e flexível, o que permite sua instalação com facilidade no poço de monitoramento. Por outro lado, pelo fato do tubo estrutural ser contínuo e robusto, o dispositivo de amostragem previne infiltrações indesejáveis por emendas ou conexões mecânicas.

Adicionalmente, outro diferencial da presente invenção é

relacionado à quantidade de níveis dos quais podem-se coletar amostras. A presente invenção possibilita que seja realizada a coleta de amostras em até 17 níveis diferenciados, ao passo que no estado da técnica, os sistemas multiníveis permitiam amostragem em apenas 7 níveis.

Também, como diferencial, se destaca o método de extração e armazenamento das amostras, que, na presente invenção, é feito em circuito fechado, por meio de um sistema composto por seringas, torneira três-vias e vasos de acondicionamento.

O procedimento de amostragem em circuito fechado permite a manutenção das condições físico-químicas originais da amostra, sem perturbação por exposição ao oxigênio atmosférico, bem como previne o escape do material amostrado e, com isto, o risco de contaminação no local de amostragem.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A presente invenção descreve um dispositivo multinível para a amostragem em condições de campo do fluido de poro nas fases gasosa, líquida ou mista, em solos e rochas. O dispositivo pode ser colocado no interior de poços de monitoramento para finalidade de estudos de contaminação do solo e da água subterrânea, bem como para estudos ambientais diversos que envolvem a coleta e análise de fluido de poro.

O dispositivo compreende um tubo central, ao redor do qual são instalados tubos de amostragem que se estendem de forma contínua desde a superfície do terreno até uma profundidade específica no interior de um poço de monitoramento. As terminações de cada tubo de amostragem em profundidade são revestidas por um filtro de amostragem, para evitar a obstrução dos tubos de amostragem por agregados de

solos ou rochas. O filtro de amostragem, por sua vez, é protegido no topo e na base por dispositivos em forma de anel, para evitar danos mecânicos em sua estrutura durante sua inserção no poço.

A presente invenção descreve, adicionalmente, um sistema de coleta de amostras de água, o qual compreende um circuito com uma torneira de três vias, uma seringa de extração, uma seringa coletora, uma mangueira ou tubo maleável, um recipiente coletor e uma terminação perfurante. Por esse sistema, a coleta da solução aquosa ocorre por sucção.

Ainda, é revelado pela invenção um método de coleta de amostra e remoção de água estagnada, que são realizadas em circuito fechado e movimentam um volume não superior a um décimo de litro, o que previne a exposição do operador a agentes nocivos e a interferência entre portas adjacentes de amostragem.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 é uma representação gráfica do dispositivo multinível da presente invenção.

A figura 2 é uma representação gráfica da estrutura de perfuração de um poço.

A figura 3A é uma representação gráfica da etapa (a) de inserção do dispositivo da presente invenção no poço perfurado.

A figura 3B é a representação gráfica da etapa (b) de preenchimento da região em torno do dispositivo da presente invenção.

A figura 3C é uma representação gráfica da subetapa de extração da amostra por sucção.

A figura 3D é uma representação gráfica da subetapa de

transferência de amostra para uma seringa coletora.

A figura 3E é uma representação gráfica da subetapa de transporte da amostra da seringa coletora para o recipiente de envasamento.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção descreve um dispositivo multinível (20) para a amostragem em condições de campo do fluido de poro, nas fases gasosa, líquida ou mista, em solos e rochas. O dispositivo (20) pode ser colocado no interior de poços de monitoramento para finalidade de estudos de contaminação do solo e da água subterrânea, bem como para estudos ambientais diversos que envolvem a coleta e análise de fluido de poro.

O dispositivo (20) da presente invenção compreende um tubo estrutural (1), ao redor do qual são instalados tubos de amostragem (2) que se estendem de forma contínua desde a superfície do terreno até uma profundidade específica no interior de um poço (10) de monitoramento. A terminação de cada tubo de amostragem (2) em profundidade é revestida por um filtro de amostragem (7), que evita a obstrução dos tubos de amostragem (2) por agregados de solos ou rochas. O filtro de amostragem (7), por sua vez, é protegido no topo e na base por dispositivos em forma de anel, aqui referenciados como elementos de proteção do filtro (6) para evitar danos mecânicos no elemento filtrante durante sua inserção no poço (10).

A Figura 1 é uma representação gráfica do dispositivo multinível (20) da presente invenção sendo utilizado no caso particular de quatro terminais de amostragem. As terminações (A), (B), (C) e (D) em superfície se estendem sem conexões até pontos específicos de amostragem em profundidade,

respectivamente assinalados como (A'), (B'), (C') e (D').

Na mesma figura 1, é possível detalhar o tubo estrutural (1) composto de módulos com comprimento variando na faixa de 3 m a 6 m, possuindo diâmetro externo entre 1" a 2" (2,54 a 5,08 cm). Os módulos são construídos com material plástico de uso corrente em hidráulica industrial ou residencial. A conexão entre os módulos deve ser feita segundo normas gerais para a junção de PVC rígido, tais como as prescritas na NBR5626, de 1998.

Com extensão contínua desde a superfície a partir dos pontos de amostragem (A), (B), (C) e (D), os tubos de amostragem (2) são ligados até pontos de amostragem em profundidade, representados pelos pontos (A'), (B'), (C') e (D'). Valendo ressaltar que é possível obter um dispositivo contendo de uma até 17 portas de amostragem (9).

Os tubos de amostragem (2) possuem diâmetro externo variando na faixa de 2 a 3 mm para permitir o encapsulamento de até 17 tubos, no caso de se utilizar um tubo estrutural (1) de 1" (2,54 cm), com diâmetro externo de 31 mm.

Conforme melhor explicado posteriormente, o número de pontos de amostragem pode ser dimensionado a partir do diâmetro do tubo central (1) e o diâmetro dos tubos de amostragem (2).

Em relação a seu material, os tubos de amostragem (2) podem ser construídos com polímeros resistentes a choques mecânicos, variações de temperatura e ataques químicos. Tubos de aço inox são recomendados em ambientes agressivos tais como encontrados em áreas contaminadas com solventes orgânicos.

O dispositivo (20) permite a determinação do nível

freático com erro menor ou igual à metade do espaçamento entre dois pontos consecutivos de amostragem. Na região de transição do nível freático, a porta de amostragem situada em maior profundidade coleta uma amostra em fase líquida, enquanto que a porta imediatamente acima coleta uma amostra em fase gasosa. A transição líquido-gás, por definição a interface do nível freático, pode ocorrer em qualquer nível intermediário entre as duas portas.

A profundidade do nível freático pode, então, ser estimada como sendo a profundidade média entre as portas e sua incerteza, ou erro de medida, equivalente à metade de sua separação. A diminuição do espaçamento entre as portas de amostragem diminui o erro de medida.

As terminações em superfície dos tubos de amostragem (2) podem ser utilizadas para determinar a variação de pressão em função da profundidade e também para a realização de testes de estímulo e resposta em estudos geoquímicos.

Os tubos de amostragem (2) podem, ainda, ser utilizados para a remoção de material contaminante em profundidades específicas por pressão negativa, como sucção, por exemplo.

Ao redor do tubo estrutural (1), na extremidade superior, onde as terminações em superfície são acessíveis, é disposta uma peça usinada em material plástico ou metálico, que é a coroa de distribuição (3) com função de distribuir de forma ordenada as terminações dos tubos de amostragem segundo sua profundidade. A ordenação segundo profundidades decrescentes pode ser feita, por exemplo, anotando a terminação mais profunda e ordenando as demais em sentido horário (ou anti-horário), segundo critério adotado na instalação. O terminal mais profundo deve ser anotado por

sulco na coroa de distribuição.

Na extremidade superior do tubo estrutural (1) é, ainda, observado o obturador superior (4), conectado por rosca ou substância adesiva ao tubo estrutural (1). Com a mesma função e conectado da mesma forma, o dispositivo (20) possui também um obturador basal (8) na extremidade inferior do tubo estrutural (1). A função dos obturadores superior e basal é evitar que o material contaminante em profundidade, especialmente em fase gasosa sob pressão, atinja a superfície a partir da sua movimentação pelo interior do tubo estrutural.

Para aprisionamento dos tubos de amostragem (2) ao redor do tubo estrutural são utilizados anéis de fixação (5). Um anel de fixação a cada 40 ou 50 cm mostra-se suficiente na maioria dos casos. Em geral, anéis de fixação não precisam ser utilizados quando a separação entre as portas de amostragem é menor que 40 cm.

Para proteger a terminação do tubo de amostragem (2), em profundidade, da obturação por material sedimentar, o dispositivo (20) da presente invenção compreende, ainda, filtros de amostragem (7). Os filtros de amostragem (7) podem ser construídos com material polimérico e, em ambientes mais agressivos, com cerâmica porosa. Além disso, os filtros de amostragem (7) são elementos porosos/permeáveis, em forma de anel e protegidos por elementos de proteção do filtro (6), que por sua vez, são dispositivos também em forma de anel, instalados acima e abaixo dos elementos de proteção do filtro (6), com o objetivo de protegê-lo da abrasão durante a inserção do dispositivo (20) no poço (10).

Cada filtro de amostragem (7) encapsulado entre dois

elementos de proteção (6) compreende, para fins desta invenção, uma porta de amostragem (9) em determinado nível do solo, através da qual é possível extrair o material de análise.

O conjunto de tubos de amostragem (2) utilizados na presente invenção permite que horizontes específicos em profundidade sejam amostrados, cobrindo assim uma faixa de profundidade em intervalos regulares, proporcional ao espaçamento entre as portas de amostragem (9) e número de portas de amostragem (9) instaladas.

O número de pontos de amostragem pode ser dimensionado a partir do diâmetro do tubo central (1) e o diâmetro dos tubos de amostragem (2). Para um diâmetro externo, D, do tubo estrutural e diâmetro externo, d, para os tubos de amostragem o número de portas, n, é tal que $n=\pi D/(2d)$. O fator 2 no denominador leva em conta um espaço adicional de separação entre dois tubos adjacentes.

A separação mínima entre portas de amostragem varia na faixa de 10 a 20 cm, cerca de duas vezes a extensão do conjunto formado por um filtro de amostragem (7) e dois elementos de proteção do filtro (6).

O dispositivo (20) da presente invenção é capaz de obter amostras de fase gasosa em circuito fechado de amostragem, sem contato com a atmosfera. Além disso, através dele é possível separar amostras de fases gasosa e líquida em amostras com fase mista, nas quais bolhas de gás aparecem na forma de bolhas no interior da fase aquosa. A análise de gás a partir de sensores conectados diretamente na terminação de amostragem em superfície também é viabilizada pelo dispositivo (20) revelado no presente relatório.

Através da figura 2 é possível visualizar um exemplo de um poço (10) perfurado no solo por meio de sondas manuais ou mecânicas conforme características da área a ser investigada, e na figura 3A é representada a disposição do dispositivo (20) da presente invenção no interior desse mesmo poço (10).

O dispositivo (20) descrito no presente relatório requer a retirada de volume reduzido de água, por exemplo, em torno de 60 a 120 mL, para a remoção de água estagnada na linha de amostragem.

O reduzido volume de purga previne a interferência entre pontos adjacentes de amostragem, uma vez que quanto maior o volume de purga, maior a interferência.

Por não apresentar conexões ou mecanismos complexos, o dispositivo (20) desenvolvido tem utilização duradora, sem necessidade de manutenção.

Além disso, por ser leve, flexível e resistente, a instalação do sistema em um poço (10) de monitoramento pode ser feita com facilidade.

As Figuras 3C, 3D e 3E representam o sistema de coleta de amostras de água revelado pela presente invenção, o qual compreende o dispositivo multinível (20) da presente invenção, um circuito com uma torneira de três vias (14), uma seringa de extração (15), uma seringa coletora (16), uma mangueira ou tubo maleável (17), um recipiente coletor (18) e uma terminação perfurante (19). Por esse sistema, a coleta da solução aquosa ocorre por sucção. O recipiente coletor deve ser tapado, seu interior previamente preenchido por substância inerte, como hélio ou argônio. A inserção da amostra é feita perfurando a tampa de borracha com uma agulha tipo hipodérmica. Este procedimento permite a coleta e

armazenamento de amostras com fase mista, nas quais substâncias gasosas ocorrem em solução ou dispersão em uma fase líquida.

A referida torneira de três vias (14) deve ser, de preferência, descartável e com conexões roscáveis (tipo Luer, por exemplo). Além disso, deve conter seringas ou terminações equivalentes.

A seringa de extração (15), de preferência descartável, deve possuir o volume de 60 mL no mínimo e 100 mL no máximo, além de possuir terminação roscável (tipo Luer, por exemplo). Da mesma forma, e seguindo as mesmas especificações deve ser a seringa coletora (16).

O tubo maleável (17) funciona como elemento de conexão que permite a transferência da amostra para o recipiente coletor (18) que, preferencialmente deve ser de vidro ou plástico, compatíveis com especificações analíticas, com tampa de borracha (neopreno, por exemplo). Este recipiente deve ser lixiviado com gás não reativo (nitrogênio) ou nobre (hélio ou argônio, por exemplo) antes da inserção da amostra.

Adicionalmente, para que a tampa de borracha do recipiente coletor (18) seja perfurada, é utilizada uma terminação perfurante (19), em forma de agulha hipodérmica, por exemplo.

Cada porta de amostragem (9) pode, assim, ser seletivamente acessada por sua terminação em superfície e o fluido de poro extraído por pressão negativa (sucção). Utilizando um dispositivo de seringa e tubulação com válvulas três-vias, amostras de água e gases podem ser obtidas e envasadas sem contato com a atmosfera.

Além disso, dispositivos de análises químicas podem ser

conectados nas terminações em superfície, permitindo a realização de análises em tempo real e em condições de campo.

A presente invenção descreve, ainda, um método de coleta de amostra e remoção de água estagnada, que são realizados em circuito fechado e movimenta um volume não superior a um décimo de litro, o que previne a exposição do operador a agentes nocivos.

O referido método compreende as seguintes etapas:

(a) Etapa de inserção do dispositivo multinível (20) em um poço (10) perfurado;

(b) Etapa de preenchimento da região em torno do dispositivo (20) da presente invenção;

(c) Etapa de coleta da amostra por sucção;

Na etapa (a) o dispositivo (20) descrito pela presente invenção é inserido em um poço (10) de monitoramento perfurado por meio de sondas manuais ou mecânicas, atendendo às características da área a ser investigada.

Na etapa (b), representada pela figura 3B, é visualizado o preenchimento, com material impermeável (11), do espaço vazio entre o dispositivo (20) revelado e a parede do poço (10). O objetivo deste preenchimento é isolar as portas de amostragem, criando uma barreira impermeável entre elas.

A porção superior ilustrada da figura 3B deve ser preenchida com material expansível (12), argiloso ou polimérico, compatível com a regulamentação em vigor. Enquanto isso, o preenchimento do espaço vazio na faixa de profundidade coberta pelas portas de amostragem deve compreender material permeável, sendo assim composto por material granular (areia, por exemplo), compatível com a regulamentação em vigor.

O dispositivo (20) é inserido já com seus módulos montados, conforme observado na figura 3A, o que é possível pelas características de flexibilidade do material utilizado.

Para casos em que as portas de amostragem (9) possuem separação menor que 15 cm, níveis de separação com material impermeável (11) devem ser instalados para evitar a interferência entre portas de amostragem (9). A interferência entre portas pode ser considerada desprezível se o volume de purga e de amostragem não exceder 200 mL.

A etapa (c) descreve procedimentos regulares de amostragem que podem ser repetidos periodicamente para monitorar as características do fluido de poro. As atividades de coleta e armazenagem são ilustradas nas figuras 3C, 3D e 3E.

Na amostragem por sucção com seringas, uma seringa de amostragem é utilizada para criar pressão negativa na porta de amostragem, a partir de sua conexão com a terminação do tubo de amostragem em superfície. Para criar a pressão negativa, o êmbolo da seringa é puxado quando a válvula três vias dá acesso à porta de amostragem e retornado à condição inicial quando a válvula três vias dá caminho para despejo na atmosfera ou em recipiente de descarte. Em geral, observa-se a retirada de água após a repetição deste processo por duas ou três vezes. Ao se coletar água na seringa, descartam-se dois ou três volumes correspondentes à tubulação de amostragem, o que se denomina purga da água residente. Após a operação de purga, o volume de água amostrado é direcionado, pela torneira três-vias, para uma mangueira com terminação em agulha hipodérmica, que por sua vez, é inserida na tampa de borracha do recipiente de acondicionamento. A amostra na

seringa é despejada neste recipiente, sendo, então, armazenada ou enviada para análise.

No caso de amostras com fase mista, a separação das fases líquida e gasosa é realizada antes da inserção da amostra no recipiente final de amostragem. Neste caso, a seringa de extração deve ser mantida na posição vertical (êmbolo para baixo) de forma a se individualizar uma bolha de gás na porção superior da seringa. A terminação desta seringa é, então, conectada a uma segunda seringa com especificações similares, denominada seringa de coleta de gás, que recebe apenas a porção gasosa da seringa de extração. A seringa de coleta pode despejar seu conteúdo em um frasco de amostragem, similar ao utilizado para a armazenagem de água, ou diretamente em um analisador de gás ou cromatógrafo de gás para medidas em condições de campo.

A presente invenção permite, portanto, a amostragem da água subterrânea para análise de qualidade sem que a amostra tenha contato com o ar atmosférico, não comprometendo as medidas de parâmetros eletroquímicos, tais como pH e potencial de oxi-redução.

O reduzido volume de purga e a condição de circuito fechado no processo de amostragem previnem a exposição do operador a agentes contaminantes potencialmente nocivos.

Vantagens da invenção

O sistema proposto possui a parte de amostragem independente, e por isso, desacoplável da parte de sustentação estrutural. Por se estender continuamente da superfície até o ponto de coleta em profundidade, o tubo de amostragem (2) não é comprometido por vazamentos ou defeitos em conexões. Por ser modular, a parte estrutural facilita a

montagem do dispositivo (20) e sua instalação no interior de um poço (10) de monitoramento.

O volume de purga (remoção de água estagnada na linha de amostragem) é da ordem de 100 mL para níveis mais profundos, diminuindo a exposição do operador na amostragem de substâncias nocivas e o volume de resíduos para descarte.

O volume reduzido de purga permite que portas de amostragem sejam instaladas com separação de até 15 cm, aumentando a resolução dos dados de concentração em função da profundidade.

Ao contrário dos sistemas existentes, o dispositivo (20) proposto permite coleta de amostras líquidas, gasosas e em fase mista.

Sensores de análise (gás e líquido) podem ser instalados diretamente nas terminações de amostragem, permitindo o monitoramento em tempo real de áreas com risco de contaminação.

Amostras coletadas com este dispositivo podem ser envasadas sem o contato com o meio externo (atmosfera, inclusive), garantindo a qualidade das amostras.

A exposição do operador a substâncias nocivas é praticamente nula, pois o material amostrado circula em circuito fechado desde a coleta até o envasamento.

A separação entre níveis de amostragem pode ser feita pela injeção de polímero ou argila expansível no interior do tubo estrutural e perfuração (na parede do tubo estrutural) de pontos de escape na posição intermediária entre dois pontos de amostragem. O escape do polímero ou argila expansível pelos furos de escape, em volume adequado, impermeabiliza a porção do meio natural (solo ou rocha) entre

portas de amostragem adjacentes.

Este procedimento previne a circulação vertical de fluidos ao longo do poço, o que comprometeria a qualidade das amostras, já que assim não poderiam ser associadas a uma profundidade específica.

Embora a invenção tenha sido amplamente descrita, é óbvio para aqueles versados na técnica que várias alterações e modificações podem ser feitas sem que as referidas alterações não estejam cobertas pelo escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo multinível (20) **caracterizado** pelo fato de ser colocado no interior de poços de monitoramento, compreendendo um tubo estrutural (1), ao redor do qual são instalados tubos de amostragem (2) aprisionados por anéis de fixação (5) que possuem suas terminações em profundidade revestidas por um filtro de amostragem (7), o qual é acoplado a um elemento de proteção do filtro (6) em sua região superior e a outro elemento de proteção do filtro (6) em sua região inferior; onde o tubo estrutural (1) ainda possui na extremidade superior uma coroa de distribuição (3), um obturador superior (4) e na extremidade inferior, um obturador basal (8) conectados por rosca ou substância adesiva ao tubo estrutural (1).

2. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de realizar amostragem em condições de campo do fluido de poro nas fases gasosa, líquida ou mista em solos e rochas.

3. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do tubo estrutural (1) ser composto de módulos com conexão roscável, de comprimento variando na faixa de 3 m a 6 m e diâmetro externo variando na faixa de 1" a 2" (2,54 a 5,08 cm), possuindo na extremidade superior o obturador superior (4), e na extremidade inferior o obturador basal (8) conectados por rosca ou substância adesiva ao tubo estrutural (1).

4. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato da coroa de distribuição (3) usinada em material plástico ou metálico ordenar os tubos de amostragem (2).

5. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato dos tubos de amostragem (2) serem construídos de aço inox ou polímeros resistentes a choques mecânicos, variações de temperatura e ataque químico.

6. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato dos tubos de amostragem (2) possuírem diâmetro externo variando na faixa de 2 a 3 mm, estendendo-se de forma contínua e aprisionados ao redor do tubo estrutural (1) através dos anéis de fixação (5) a partir de suas terminações em superfície e ligando-se aos pontos de amostragem (9) conhecidos em profundidade.

7. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato dos filtros de amostragem (7) em forma de anel serem dispostos na terminação de cada um tubo de amostragem (2) em profundidade.

8. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato dos filtros de amostragem (7) serem construídos com material polimérico ou cerâmica porosa.

9. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato dos elementos de proteção do filtro (6) protegerem o filtro de amostragem (7) contra a abrasão.

10. Dispositivo (20), de acordo com as reivindicações 8 e 9, **caracterizado** pelo fato de cada filtro de amostragem (7) encapsulado entre dois elementos de proteção (6) definir uma porta de amostragem (9) em determinado nível conhecido do solo.

11. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de comportar até 17 portas de amostragem (9).

12. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 11,

caracterizado pelo fato do número de portas de amostragem (9) ser calculado a partir da fórmula $n=\pi D/(2d)$, em que D é o diâmetro externo do tubo estrutural (1), d é o diâmetro externo do mesmo tubo estrutural (1) e n é o número de portas de amostragem (9), observando a separação mínima entre 10 e 20 cm entre portas consecutivas.

13. Dispositivo (20), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de requerer a retirada de volume de líquido estagnado na linha de amostragem variando na faixa de 60 a 120 mL.

14. Sistema de coleta de amostras de fluido de poro em solos e rochas **caracterizado** pelo fato de compreender o dispositivo multinível (20), um circuito com uma torneira de três vias (14), uma seringa de extração (15), uma seringa coletora (16), uma mangueira ou tubo maleável (17), um recipiente coletor (18) e uma terminação perfurante.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato da torneira de três vias (14) ser preferencialmente descartável, com conexões roscáveis e conter seringas ou terminações equivalentes.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato da seringa de extração (15) e da seringa coletora (16) serem preferencialmente descartáveis, com volume variando na faixa de 60 mL a 100 mL, possuindo terminação roscável.

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato do tubo maleável (17) ser uma conexão na transferência da amostra para o recipiente coletor (18) através de uma terminação perfurante (19).

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 14,

caracterizado pelo fato do recipiente coletor (18) ser preferencialmente de vidro ou plástico compatível com especificações analíticas, lixiviado com gás não reativo ou nobre antes da inserção da amostra.

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que amostras de água e gases podem ser obtidas e envasadas sem contato com a atmosfera e dispositivos de análises químicas podem ser conectados nas terminações em superfície para realizar análises em tempo real e em condições de campo.

20. Método de coleta de amostras de fluido de poro em solos e rochas e remoção de água estagnada **caracterizado** pelo fato de compreender as seguintes etapas:

(a) Etapa de inserção do dispositivo (20) da presente invenção em um poço (10) perfurado;

(b) Etapa de preenchimento da região em torno do dispositivo (20) da presente invenção, e

(c) Etapa de coleta da amostra por sucção.

21. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que na etapa "b" o espaço vazio entre o dispositivo (20) revelado e a parede do poço (10) é preenchido com material impermeabilizante.

22. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que de que na etapa "b" a porção superior é preenchida com material expansível (12), argiloso ou polimérico, compatível com a regulamentação em vigor.

23. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que na de que na etapa "b" a faixa de profundidade coberta pelas portas de amostragem é coberta por material permeável composto por material granular

compatível com a regulamentação em vigor.

24. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que níveis de separação com material impermeável (11) devem ser instalados entre as portas de amostragem (9) quando as mesmas possuírem separação menor que 15 cm.

25. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que, na etapa "c", uma seringa de amostragem é utilizada para criar pressão negativa na porta de amostragem, pela conexão da mesma com a terminação do tubo de amostragem em superfície.

26. Método, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo fato de que a pressão negativa é criada quando o êmbolo da seringa é puxado no momento em que a válvula três vias dá acesso à porta de amostragem e retornado à condição inicial quando a válvula três vias dá caminho para despejo na atmosfera ou em recipiente de descarte.

27. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que a separação das fases de amostras com fase mista é realizada antes da inserção da amostra no recipiente final de amostragem.

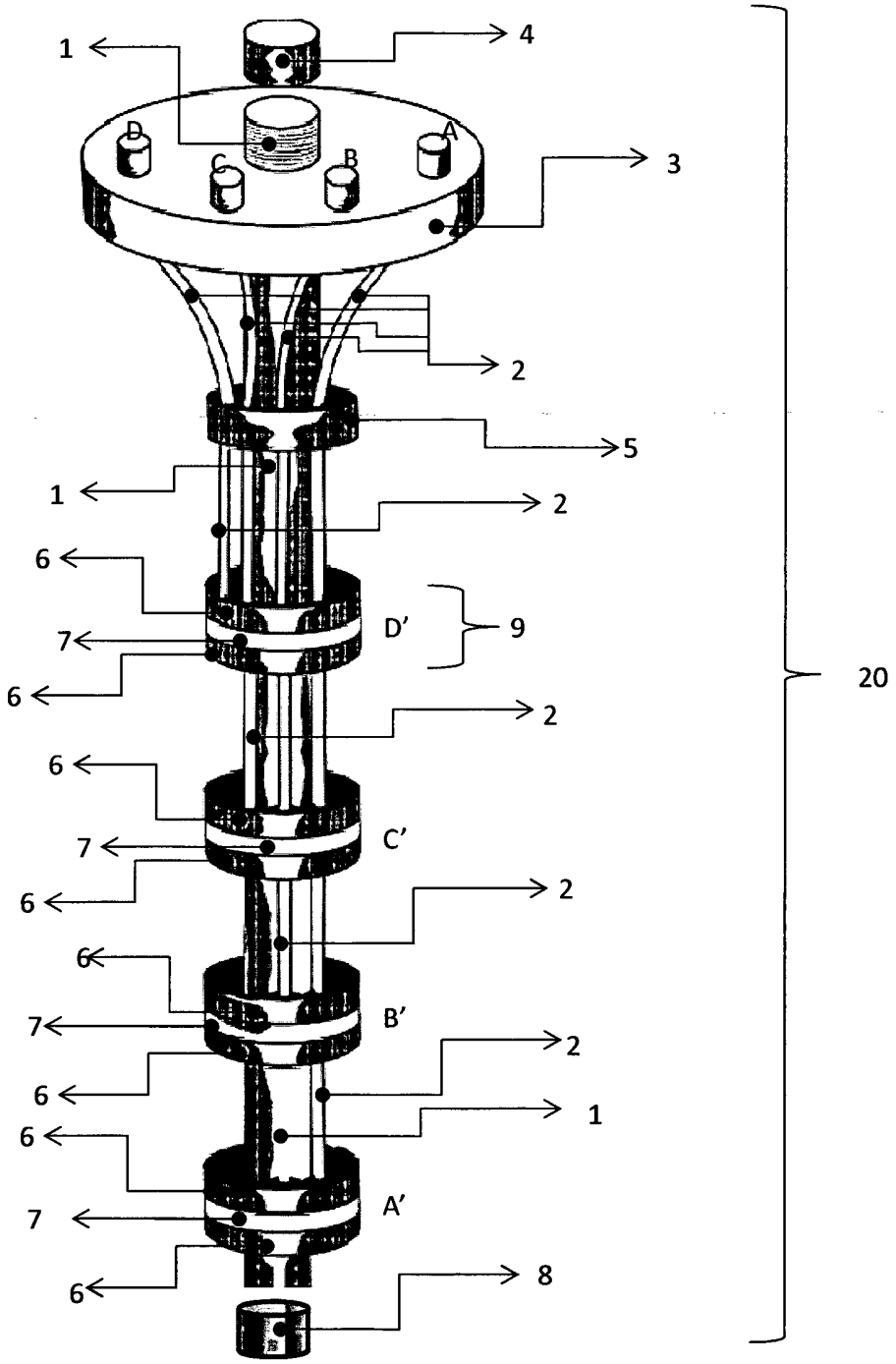


Figura 1

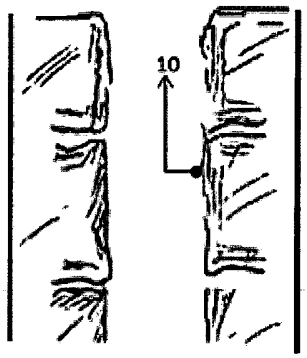


Figura 2

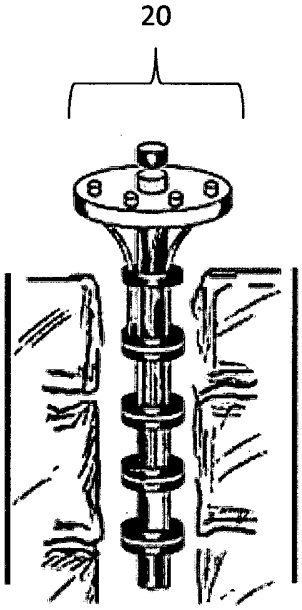


Figura 3A

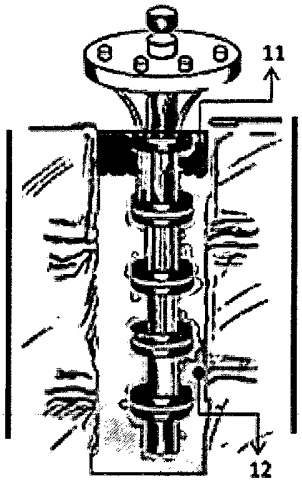


Figura 3B

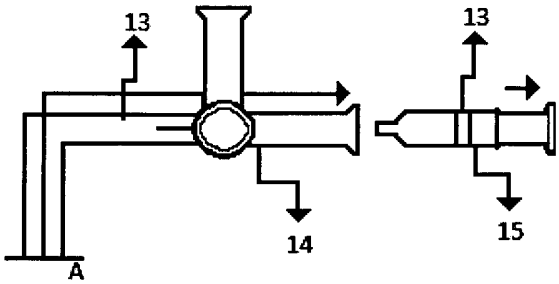


Figura 3C

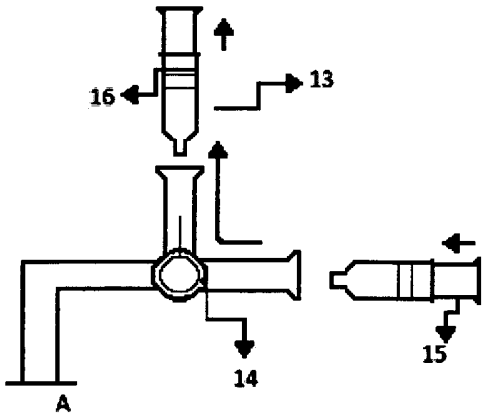


Figura 3D

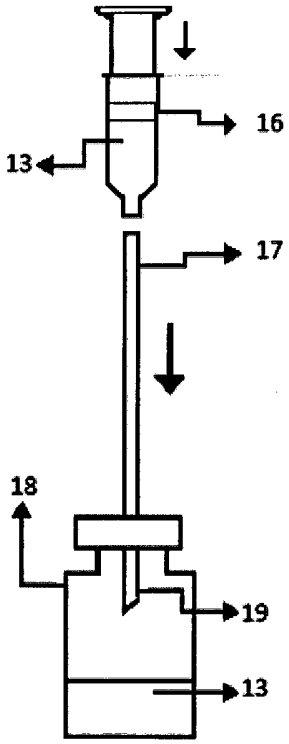


Figura 3E

Resumo

DISPOSITIVO MULTINÍVEL, SISTEMA E MÉTODO DE COLETA DE AMOSTRAS DE FLUIDO DE PORO EM SOLOS E ROCHAS

A presente invenção descreve um dispositivo multinível para a amostragem em condições de campo do fluido de poro nas fases gasosa, líquida ou mista, em solos e rochas. O dispositivo pode ser colocado no interior de poços de monitoramento para finalidade de estudos de contaminação do solo e da água subterrânea, bem como para estudos ambientais diversos que envolvem a coleta e análise de fluido de poro.

O dispositivo compreende um tubo central, ao redor do qual são instalados tubos de amostragem que se estendem de forma contínua desde a superfície do terreno até uma profundidade específica no interior de um poço de monitoramento. As terminações de cada tubo de amostragem em profundidade são revestidas por um filtro de amostragem, para evitar a obstrução dos tubos de amostragem por agregados de solos ou rochas. O filtro de amostragem, por sua vez, é protegido no topo e na base por dispositivos em forma de anel, para evitar danos mecânicos em sua estrutura durante sua inserção no poço.

A presente invenção descreve, adicionalmente, um sistema de coleta de amostras de água, por exemplo, o qual compreende um circuito com uma torneira de três vias, uma seringa de extração, uma seringa coletora, uma mangueira ou tubo maleável, um recipiente coletor e uma terminação perfurante. Por esse sistema, a coleta da solução aquosa ocorre por sucção.

Ainda, é revelado pela invenção um método de coleta de amostra e remoção de água estagnada, que são realizados em

circuito fechado e movimentam um volume não superior a um décimo de litro, o que previne a exposição do operador a agentes nocivos.