



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(21) BR 102023010660-9 A2

(22) Data do Depósito: 31/05/2023

(43) Data da Publicação Nacional:
10/12/2024

(54) Título: TENSÍÔMETRO AUTÔNOMO

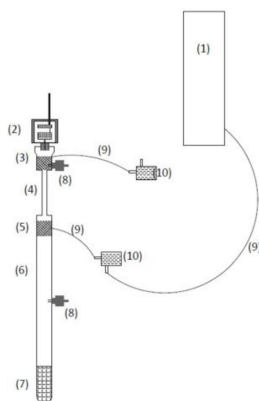
(51) Int. Cl.: G01N 33/24.

(52) CPC: G01N 33/246.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) Inventor(es): CAIO NASCIMENTO FERNANDES; JOÃO CARLOS CURY SAAD; RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN.

(57) Resumo: TENSÍÔMETRO AUTÔNOMO. O presente pedido de patente compreende um tensiômetro autônomo projetado para ser automático em relação ao sistema que realiza a medição do potencial matricial, em relação ao monitoramento dos níveis superior e inferior de solução interna e em relação ao sistema responsável por repor a solução interna do equipamento com base na detecção dos níveis máximo e mínimo. Pertencendo ao setor de agricultura e saúde animal, mais especificamente ao setor de irrigação. O tensiômetro autônomo da presente invenção, é o único equipamento capaz de realizar todas as ações (leitura do potencial matricial, monitorar os níveis superior e inferior da solução interna e reposição de solução quando o nível inferior é atingido, elevando até o nível superior admitido) automaticamente.



TENSIÔMETRO AUTÔNOMO.

INTRODUÇÃO

[001] O presente pedido de patente de invenção descreve um tensiômetro autônomo totalmente automático, e a única ação manual do equipamento é a reposição da água do reservatório de abastecimento, que pode levar semanas para acontecer.

CAMPO DA APLICAÇÃO

[002] O campo de aplicação está relacionado com ao setor de agricultura e saúde animal, sendo utilizado para mensurar o potencial matricial de substratos porosos (solo, areia ou substratos de baixa granulometria). Pode ser aplicado para o manejo de irrigação em sistemas de aspersão (pivô central, convencional, carretel enrolador) ou localizada.

ESTADO DA TÉCNICA

[003] Existem diversas formas de realizar o manejo da irrigação e uma das mais utilizadas é via umidade do solo. Usualmente o teor de água no solo é determinado de forma indireta através de sensores capacitivos, TDR, FDR, sonda de nêutrons ou a tensiometria. Por ser utilizada há muitos anos, a tensiometria é uma técnica consolidada no campo e no meio científico e permite determinar indiretamente a umidade do solo mensurando diretamente o potencial matricial do solo, através de um equipamento chamado tensiômetro. O uso de tensiômetros se destaca por ser um método de baixo custo, de fácil operação, no entanto, que requer, obrigatoriamente, a execução de três procedimentos que atualmente são manuais, porém passíveis de automação. O primeiro é a leitura da tensão de água por meio de um tensímetro digital ou um vacuômetro; o segundo é o monitoramento do nível interno de água/solução; e o terceiro é a reposição de água no interior do equipamento, fundamental para seu correto funcionamento. Esses procedimentos exigem mão de obra e tempo em campo.

[004] O documento US4548225A refere-se a um sistema de controle automático de irrigação, que previamente definiu o tempo de irrigação por um valor predefinido ou predeterminado, fornecendo feedback do campo por meio de tensiômetros ou outros tipos de sensores. Os tensiômetros são totalmente automáticos e têm uma saída de sinal analógico contínuo pelo uso de um transdutor de pressão de medidor reverso. Os tensiômetros também possuem recursos de recarga remota para que não precisem ser

preenchidos manualmente. A energia é economizada pela irrigação de tempo compartilhado. O golpe de aríete é evitado retardando o fechamento do campo que estava sendo irrigado anteriormente até o fechamento do próximo campo. A formação de poças de água é evitada ao fornecer um intervalo de tempo para permitir que a água penetre no solo.

[005] O documento US20100263436A1 mostra um aparelho sensor de meio poroso que inclui uma porção de detecção pelo menos parcialmente inserível no meio poroso. A porção de detecção tem um alojamento com uma abertura de troca de gás definida no mesmo e uma membrana repelente de água montada na abertura de troca de gás, a membrana repelente de água impedindo a comunicação de água através da abertura de troca de gás. A porção de detecção também tem um sensor de parâmetro montado no alojamento para medir um parâmetro do meio poroso no qual a porção de detecção está inserida.

[006] O artigo científico “*Long-Term Soil-Water Tension Measurements in Semiarid Environments A Method for Automated Tensiometer Refilling*” (Smith, Kean, 2018) refere-se aos sistemas de aquisição de dados equipados com tensiômetros que medem e registram pressões positiva e negativa da água no solo. Esses dados contribuíram para estudos em hidrologia de encostas, incluindo análises de escoamento de chuva, resposta hidrológica próxima à superfície e inclinação estabilidade. No entanto, a capacidade única de um tensiômetro para medir com rapidez e precisão as pressões de subsuperfície pré e pós-saturação requer técnicas de manutenção que impediram sua aplicação em redes de sensores autônomas em regiões semiáridas. Sob sucção, a água desaerada no tensiômetro é retirada de um copo poroso. Sob pressão positiva, os gases dissolvidos da água dos poros se infiltram no copo. Com o tempo, ambos contribuem para leituras não confiáveis e/ou resposta de sinal ruim por cavitação. Para resolver este problema, foi utilizado equipamentos disponíveis comercialmente para desenvolver um sistema simples de válvulas solenoides e um reservatório de água que permitem o reabastecimento automático do tensiômetro *in situ*. Testamos o sistema em dois locais de monitoramento hidrológico pós-incêndio na Floresta Nacional de Angeles, no sul da Califórnia. Apresentamos exemplos de resultados de 3 meses de monitoramento e

mostramos como os tensiômetros podem ser recarregados por um acionador remoto. Ao reabastecer remotamente o tensiômetro, conseguimos monitorar continuamente as pressões de água intersticial do solo quase saturado sem fazer repetidas e caras visitas de manutenção.

OBJETIVO DA INVENÇÃO

[007] O tensiômetro autônomo foi idealizado com o objetivo de ser totalmente automático, o que envolve medir o potencial matricial de substratos porosos, monitorar os níveis superior e inferior da solução interna e repor a solução interna, quando o nível inferior é atingido, elevando até o nível superior admitido. A única ação manual do equipamento é a reposição da água do reservatório de abastecimento, que pode levar semanas para acontecer.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

[008] O tensiômetro autônomo tem como proposta disponibilizar um equipamento totalmente autônomo, em que não é necessária mão-de-obra para sua operação. Ele permite realizar as leituras do potencial matricial, monitorar os níveis superior e inferior da solução interna e repor a solução interna de forma automática quando o nível inferior é atingido, elevando até o nível superior admitido. A maioria dos tensiômetros comercializados não possuem nenhum tipo de automação, sendo que todas as operações de uso do equipamento são manuais.

[009] O tensiômetro autônomo é o único equipamento capaz de realizar todas as ações (leitura do potencial matricial, monitorar os níveis superior e inferior da solução interna e reposição de solução interna quando o nível inferior é atingido, elevando até o nível superior admitido) automaticamente; além de possuir baixo custo de produção de todos os componentes, dispensando sensor de temperatura para compensação das leituras, possuindo alta resistência às intempéries e com sistema de proteção elétrica contra inversão de polaridade.

[010] O tensiômetro autônomo se diferencia por ser capaz, de forma automática, monitorar os níveis máximo e mínimo da solução interna do equipamento e realizar sua reposição, quando o nível inferior é atingido, elevando até o nível superior admitido, tornando o equipamento totalmente automático.

[011] O tensiômetro autônomo não possui microcontrolador integrado, permitindo o uso de várias unidades em conjunto com apenas um microcontrolador (*datalogger*) próprio ou outro modelo, de acordo com a necessidade do usuário. Com uma montagem mais simples, permitindo ser acoplado ao tensiômetro através de rosca, e para reposição de água não é necessário retirar o sensor.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA FIGURA

[012] A Figura 1, ilustra esquematicamente o tensiômetro autônomo da presente invenção, composto por: reservatório para reposição da solução do tensiômetro (1); um tubo de PVC (6); um tubo de acrílico (4); duas luvas de PVC (5); uma luva soldável com rosca (3); uma cápsula porosa (7), responsável pela interação substrato/tensiômetro; um conjunto para mensurar o potencial matricial que compreende: um regulador de tensão; capacitor; um diodo; um sensor de pressão negativa (2); cabo manga; um adaptador de latão; e resina epóxi; em que o conjunto para mensurar o potencial matricial possui sinal analógico como saída.

[013] O tensiômetro autônomo compreende ainda um conjunto para monitorar e repor a solução interna, com base na detecção dos níveis máximo e mínimo, que compreende: dois sensores de nível (8); adaptadores de latão; resina epóxi; espigões; uma barra de pinos; um comparador eletrônico; cabo manga; dois microtubos flexíveis (9); e duas válvulas solenoide (10); em que o conjunto para repor a solução interna possui sinal de saída digital.

[014] Deve-se destacar que todos os componentes são rosqueados no tensiômetro, permitindo total vedação do equipamento; e somente a capsula porosa interage com o substrato. Ademais, a invenção necessita de um *datalogger* para ser utilizado em conjunto com os dois sensores de nível, de modo que quando o *datalogger* identifica o nível baixo de água ou solução, através de um sinal digital do sensor, ele permite a abertura das duas válvulas solenoide (10), simultaneamente. Uma das válvulas está conectada ao reservatório e ao tensiômetro autônomo (T.A.) permitindo a entrada de solução no equipamento e a outra está conectada ao T.A. e a saída para a atmosfera, permitindo a saída de ar do equipamento. Restabelecida a solução, o *datalogger* fecha as válvulas e o T.A. volta ao seu funcionamento. O *datalogger* não precisa ser específico

para o tensiômetro da presente invenção, podendo o usuário utilizar microcontroladores disponíveis no mercado.

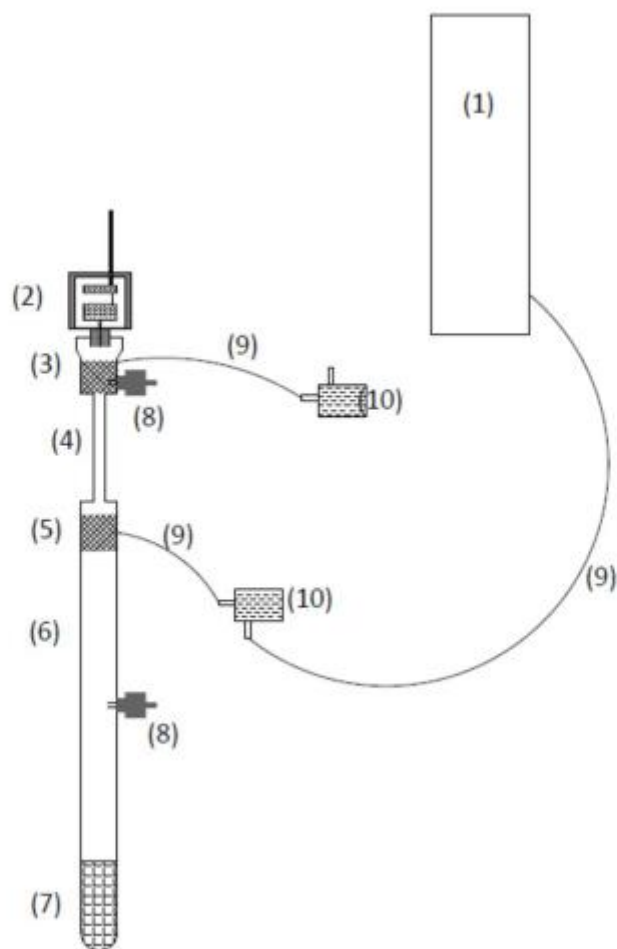
DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[015] O tensiômetro autônomo é composto por três partes, a seguir:

- A primeira é responsável pela interação do equipamento com substrato, sendo composta por uma capsula porosa; um tubo de PVC (diâmetro comercial: 22,0 mm); um tubo de acrílico; duas luvas de PVC (Ø 22,0 mm) e uma luva soldável e com rosca (Ø 22,0 x 3/4"), todos conectados entre si.
- A segunda parte envolve o sistema que realiza a medição do potencial matricial, que é constituído por: um sensor de pressão negativa; regulador de tensão 5,0 volts; diodo; capacitor 100nF; adaptador 3/4" x 1/2", cabo manga três vias e resina epóxi. Tem as seguintes características: tensão de alimentação 7,5 a 12,0Vcc, resolução de 0,30 kPa, faixa de trabalho -100 a 0 kPa, precisão de +- 1,5%, sensibilidade 2,54 kPa / 0,1Vcc, estabilidade +- 0,5%, sinal de saída 0,5 a 4,5Vcc, tempo de resposta 2,5ms, consumo 21mA, faixa de operação 0 a 60°C, cabo três vias 1,0 metro e sistema de proteção contra inversão de polaridade.
- A terceira parte abrange o sistema responsável por repor a solução interna do equipamento. Ela é composta por dois sensores que identificam a necessidade de repor a solução (componentes: 2 adaptadores 1/8" x 1/4"; resina epóxi; barra de pinos, comparador eletrônico e cabo manga 2 vias), duas válvulas solenoide (permitem a entrada de água e saída de ar), microtubo, 3 espigões 1/8" x 1/4" e reservatório (0,5m tubo de PVC, Ø 100mm).

REIVINDICAÇÕES

1. **TENSIÔMETRO AUTÔNOMO**, em que o referido tensiômetro é composto por tubo de PVC (6); tubo de acrílico (4); duas luvas de PVC (5); uma luva soldável com rosca (3) e capsula porosa (7) **caracterizado por** possuir um conjunto para mensurar o potencial matricial, um conjunto para monitorar os níveis superior e inferior de solução interna e um conjunto para repor a solução interna, de forma automática quando o nível inferior é atingido, elevando até o nível superior admitido.
2. **TENSIÔMETRO AUTÔNOMO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** conjunto para mesurar o potencial matricial ser constituído por: um sensor de pressão negativa (2); regulador de tensão 5,0 volts; diodo; capacitor 100nF; adaptador $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{2}$ ", cabo manga três vias e resina epóxi, com tensão de alimentação 7,5 a 12,0Vcc, resolução de 0,30 kPa, faixa de trabalho -100 a 0kPa, precisão de +- 1,5%, sensibilidade 2,54 kPa / 0,1Vcc, estabilidade +- 0,5%, sinal de saída 0,5 a 4,5Vcc, tempo de resposta 2,5ms, consumo 21mA, faixa de operação 0 a 60°C, cabo três vias 1,0 metro e sistema de proteção contra inversão de polaridade.
3. **TENSIÔMETRO AUTÔNOMO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** conjunto para monitorar e repor a solução interna, com base na detecção dos níveis máximo e mínimo, ser constituído por dois sensores de nível (8) (componentes: 2 adaptadores $\frac{1}{8}$ " x $\frac{1}{4}$ "; resina epóxi; barra de pinos, comparador eletrônico e cabo manga 2 vias), duas válvulas solenoide (10), microtubo flexíveis (9), 3 espigões $\frac{1}{8}$ " x $\frac{1}{4}$ " e reservatório (0,5m tubo de PVC, com diâmetro de 100mm).
4. **TENSIÔMETRO AUTÔNOMO**, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pela** abertura e fechamento simultâneo das válvulas solenoide (10) conectadas ao reservatório e ao tensiômetro autônomo ser realizada por meio de um datalogger.

**FIGURA 1**

RESUMO

TENSIÔMETRO AUTÔNOMO.

O presente pedido de patente compreende um tensiômetro autônomo projetado para ser automático em relação ao sistema que realiza a medição do potencial matricial, em relação ao monitoramento dos níveis superior e inferior de solução interna e em relação ao sistema responsável por repor a solução interna do equipamento com base na detecção dos níveis máximo e mínimo. Pertencendo ao setor de agricultura e saúde animal, mais especificamente ao setor de irrigação. O tensiômetro autônomo da presente invenção, é o único equipamento capaz de realizar todas as ações (leitura do potencial matricial, monitorar os níveis superior e inferior da solução interna e reposição de solução quando o nível inferior é atingido, elevando até o nível superior admitido) automaticamente.