



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

(21) BR 102019018582-1 A2



(22) Data do Depósito: 06/09/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 16/03/2021

(54) Título: SENSOR PARA MEDIÇÃO DE POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA

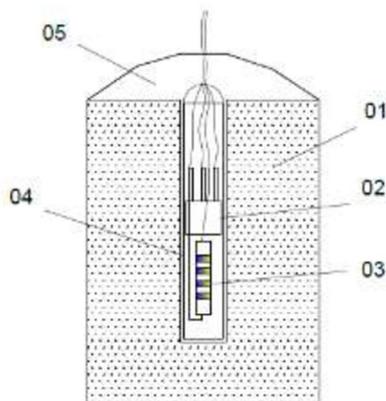
(51) Int. Cl.: A01G 25/16; G01N 33/24.

(52) CPC: A01G 25/167; G01N 33/246.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS.

(72) Inventor(es): WILSON NOGUEIRA DA MOTA; ADÃO WAGNER PÊGO EVANGELISTA; GILSON DE FARIAS NEVES GITIRANA JUNIOR; LAURO JUNE QUEIROZ MAIA; VLADIA CORRECHEL; JOSÉ ALVES JÚNIOR.

(57) Resumo: SENSOR PARA MEDIÇÃO DE POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA. A presente invenção se refere a um sensor baseado no fluxo de calor para medição de potenciais de água, sensor esse que não apresenta sensibilidade a salinidade da solução do solo. O sensor é composto por uma fonte de calor, um corpo poroso cuja condutividade térmica varia com o seu conteúdo de água e sensor de temperatura em forma de circuito integrado. O corpo poroso é confeccionado com microesferas de vidro sinterizadas de maneira controlada, produzindo uma distribuição de tamanho de poros necessária para a medição da faixa de potenciais especificada. O sistema de aquisição de dados utiliza plataforma baseada em microcontrolador.



RELATÓRIO DESCRITIVO

“SENSOR PARA MEDIÇÃO DE POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA”

CAMPO TÉCNICO DA INVENÇÃO

[01] A presente invenção se refere a um sensor para medir o potencial da água em meios porosos, baseado em fluxo de calor, usado preferencialmente para medir potenciais de elevado valor (próximo à saturação) em solos ou material equivalente como os substratos agrícolas.

DESCRIÇÃO

[02] A automação da irrigação requer equipamentos que meçam o estado energético da água armazenada no meio de cultura (solo ou substratos), ou seja, requer o conhecimento do potencial matricial ou tensão da água no meio poroso. O potencial da água em um meio poroso pode ser medido de forma direta ou indireta. Na forma direta o instrumento indica diretamente a tensão da água, como é o caso do tensiômetro. Na forma indireta mede-se alguma propriedade física correlacionada com a água presente no meio poroso. Estas propriedades podem ser a permissividade dielétrica, a condutividade elétrica ou a condutividade térmica do meio.

[03] O tensiômetro tem como vantagens o baixo custo e facilidade de construção e de instalação. As principais desvantagens são a necessidade de manutenção e de aeração frequente, tipicamente semanal, e a vulnerabilidade a danos durante instalação e aplicação dos tratamentos culturais. A medição do potencial matricial empregando sensores que se baseiam em característica como a capacitância, TDR (Time Domain Reflectometry), e FDR (Frequency Domain Reflectometry), são afetadas pela variação da temperatura ambiente e pela salinidade da solução do solo, pois a permissividade dielétrica do solo ou substrato varia com a temperatura e com a presença de íons na solução. Neste sentido os sensores baseados na condutividade térmica do solo têm se apresentado como uma alternativa promissora para suplantarem as deficiências apresentadas pelos outros sensores.

[04] A condutividade térmica de materiais porosos depende das propriedades térmicas do sólido que constitui a matriz porosa, da sua porosidade e das propriedades do material que ocupa os seus vazios, por exemplo, água ou ar. Portanto, a condutividade térmica de um meio poroso qualquer varia entre os estados seco e úmido e esta propriedade pode ser usada para quantificar o potencial de água do solo. A forma como a condutividade térmica varia é proporcional à distribuição de tamanho de poros. Inserindo no solo um corpo de material

poroso padronizado, depois de atingido o equilíbrio hidrostático, o potencial da água presente no solo é o mesmo presente no corpo poroso.

[05] Assim, inserindo uma fonte de calor e um termômetro neste corpo poroso e aplicando um pulso de calor neste sistema, a temperatura medida pelo termômetro dependerá do conteúdo de água absorvida pelo corpo poroso, que no equilíbrio, é o mesmo do meio poroso em que estiver inserido. Realizando uma adequada calibração, as medidas do sensor seriam independentes do tipo de solo, dependendo apenas do conteúdo de água no corpo poroso e estando relacionadas ao seu potencial matricial, em equilíbrio com o do meio.

[06] Existem no mercado alguns sensores baseados em fluxo de calor em corpo poroso como os modelos CS-229 da Campbell Scientific (www.campbellsci.com/229-1) e FTC-100 da GCTS Testing Systems (www.gcts.com), mas estes, além de custo elevado, segundo os manuais dos próprios fabricantes não medem elevados potenciais matriciais de água, ou seja, potenciais acima de -10 kPa. Estes potenciais correspondem à condições próximas da saturação para certas culturas. O documento US 3847351 de 12 novembro 1974 apresenta um sensor cujo princípio de funcionamento é o mesmo do sensor descrito neste invento, mas o material poroso naquele sensor não é sinterizado. O material é armazenado em um recipiente, juntamente com o sensor de temperatura ou é colocado em um furo no solo no qual se quer medir o potencial matricial da água. Também utiliza como fonte de calor e sensor um termistor. Os documentos WO 2006/081693A1 de 10 de agosto de 2006 e US 8001990B2 de 23 de agosto de 2011 descrevem um sensor baseado em fluxo de calor, semelhante em relação ao princípio de funcionamento, mas que utiliza uma fina camada absorvente e flexível confeccionada em feltro para se adaptar ao meio poroso. Isto torna a dissipação de calor do sensor dependente do meio além de fragilizar o sensor para aplicações diárias.

[07] As principais características consideradas negativas dos sensores atuais são custo elevado, complexidade de operação, necessidade de calibração, fragilidade, reduzida acurácia e a possibilidade de interferência das variáveis ambientais como temperatura e salinidade nos valores das medidas. No caso específico da medição de tensões da água em substratos agrícolas, poucos sensores são sensíveis às baixas tensões que se observa neste tipo de meio.

[08] Diante do exposto o objetivo do presente invento foi desenvolver um sensor de dissipação térmica para medição do potencial matricial da água em materiais porosos como solos e substratos agrícolas, em especial potenciais de alto valor, próximos à saturação do meio poroso, que seja resistente, durável e de baixo custo.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[09] Na Figura 1 observa-se o sensor em corte longitudinal, podendo verificar a alocação dos componentes internos. A Figura 1.a mostra os mesmos componentes vistos em corte transversal. A Figura 1.b mostra o sensor montado e completo. A Figura 1.c mostra a curva de calibração obtida para as médias dos valores individuais para os cinco sensores

DESCRIÇÃO DETALHADA DO SENSOR

[10] O sensor de potencial matricial baseado em dissipação térmica proposto nesta invenção é constituído por duas partes. A primeira é o núcleo ativo, composto por um gerador de calor (03) e um sensor de temperatura (02). A segunda parte é o corpo poroso (01), responsável pela absorção da água no meio em que o sensor estiver inserido. Um pulso de calor é gerado aplicando-se uma tensão elétrica em um resistor (03) situado no interior núcleo ativo. O calor produzido propaga-se com facilidade no núcleo ativo, graças à presença de pasta térmica usada como meio de transmissão e inserida dentro do tubo metálico (04). Tem-se, assim, uma temperatura uniforme no núcleo ativo e que varia ao longo do tempo conforme a aplicação do pulso de corrente e posterior interrupção da mesma. A partir do núcleo ativo (04), o calor é transmitido por condução para o corpo poroso (01), o qual o dissipará numa taxa que depende da condutividade térmica do mesmo. Portanto, a temperatura medida pelo sensor (02) localizado no núcleo ativo depende da condutividade térmica do meio e esta é dependente do conteúdo de água presente no corpo poroso do sensor.

[11] O corpo poroso é confeccionado através da sinterização de microesferas de vidro cuja composição é vidro comum, tipo soda-lima, sinterizadas em mufla usando um molde confeccionado com tubo de aço inox. No centro do corpo poroso é feito um furo com diâmetro e profundidade adequados, onde é inserido o núcleo ativo (04). A fixação do núcleo ativo no corpo poroso é realizada utilizando massa epóxi pastosa (05).

[12] A aquisição de dados do sensor pode ser realizada utilizando um sistema de software e hardwares baseados em microcontrolador.

[13] Foram construídos cinco sensores e estes foram testados e calibrados em substrato de fibra de coco saturado acondicionado em recipiente de PVC. Foram submetidos ao processo de dessaturação (secagem) em funis de placa porosa ao mesmo tempo em que se media a variação da temperatura após aplicação do pulso de calor.

[14] A Tabela 1 apresenta os valores médios da variação de ΔT registrados para os cinco sensores protótipos, para cada sucção matricial.

Tabela 1. Variação da temperatura (ΔT) registrada nos sensores protótipos em função da sucção matricial no substrato.

Sensor	Potencial matricial (kPa)							Span (°C)
	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	
S1	2,00 a	2,74 b	3,13 ab	3,25ab	3,31 a	3,34 a	3,38 a	1,38
S2	2,21 b	2,58 a	3,00 a	3,16 a	3,27 a	3,28 a	3,33 a	1,12
S3	2,27 c	3,16 c	3,53 c	3,75 c	3,82 b	3,84 b	3,86 a	1,59
S4	2,31 b	3,52 d	3,77 c	3,94 d	3,96 b	4,03 b	4,04 d	1,73
S5	2,57 b	2,78 b	3,23 b	3,38 b	3,45 a	3,49 a	3,54 b	0,97
Média	2,27	2,96	3,33	3,49	3,56	3,59	3,63	1,36
CV (%)	2,89	1,76	2,90	1,48	3,07	2,10	1,20	21

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

[15] A curva de calibração (07) foi obtida para as médias dos valores individuais para os cinco sensores, conforme Tabela 1. Foi ajustada aos pontos a função (06) proposta por Feng e Fredlund (Canadian Geotechnical Journal. v. 40, p. 1048-1055, 2003), sendo esta dada por:

$$\psi = \left[\frac{b(a - \Delta T)}{\Delta T - c} \right]^{\frac{1}{d}}$$

em que,

ψ = sucção matricial, kPa; e

ΔT = diferença de temperatura, °C; e

a, b, c e d = parâmetros de ajuste da equação.

A curva de calibração (07) evidencia a sensibilidade do sensor à potenciais de elevado valor.

REIVINDICAÇÕES

SENSOR PARA MEDIÇÃO DE POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA

1. Sensor para medição de potencial matricial da água em meios porosos, como o solo ou equivalentes, caracterizado por ser constituído por um corpo poroso (01) no qual é inserido uma fonte de calor (03) e um sensor para medição de temperatura (02).
2. Sensor de potencial matricial de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por pelo menos um corpo poroso produzido com microsferas de vidro com diâmetros variando de 1×10^{-6} a 1×10^{-3} m, sinterizadas.
3. Sensor de potencial matricial de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por apresentar pelo menos uma fonte de calor produzida por corrente elétrica percorrendo material com resistência elétrica.
4. Sensor de potencial matricial de acordo com a reivindicação 3 caracterizado por utilizar resistor (03) como fonte de calor.
5. Sensor de potencial matricial de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por utilizar pelo menos um sensor de temperatura (02) em formato de circuito integrado analógico.
6. Sensor de potencial matricial de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por utilizar pelo menos um sensor de temperatura (02) em formato de circuito integrado digital.
7. Sensor de potencial matricial de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por apresentar os componentes fonte de calor (03) e sensor de temperatura (02) inseridos em um tudo metálico (04), particularmente cobre, latão ou alumínio.

FIGURAS

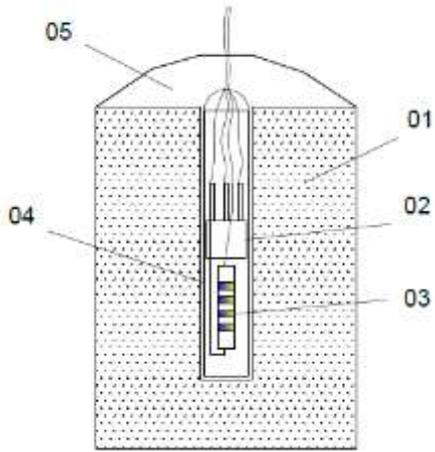


Figura 1

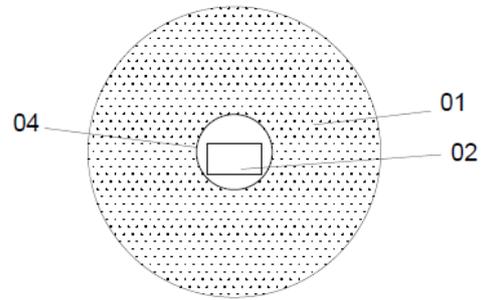


Fig. 1.a



Fig. 1.b

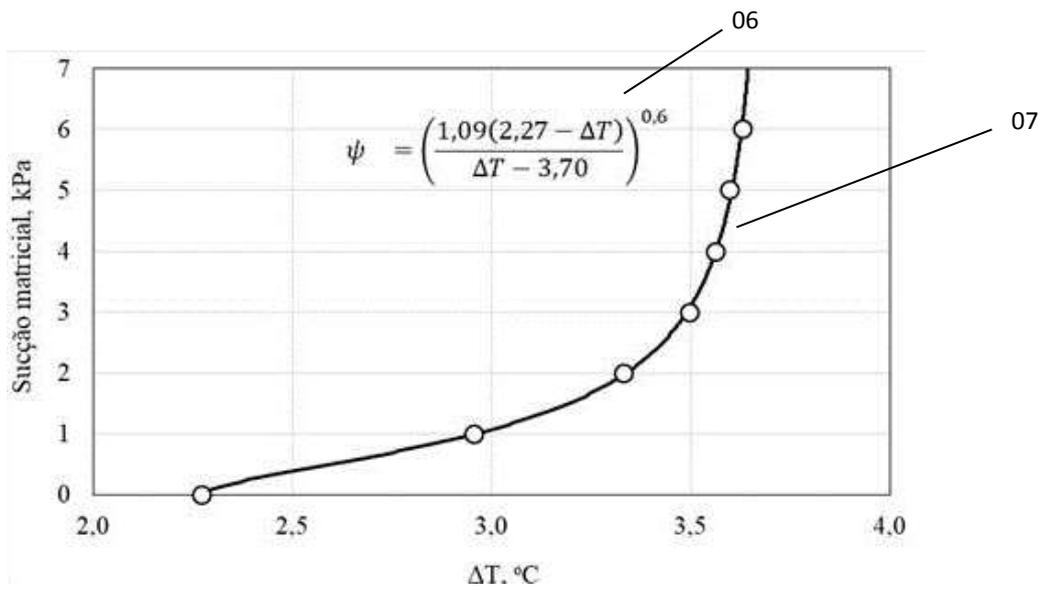


Fig. 1.c

RESUMO

SENSOR PARA MEDIÇÃO DE POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA

A presente invenção se refere a um sensor baseado no fluxo de calor para medição de potenciais de água, sensor esse que não apresenta sensibilidade a salinidade da solução do solo. O sensor é composto por uma fonte de calor, um corpo poroso cuja condutividade térmica varia com o seu conteúdo de água e sensor de temperatura em forma de circuito integrado. O corpo poroso é confeccionado com microesferas de vidro sinterizadas de maneira controlada, produzindo uma distribuição de tamanho de poros necessária para a medição da faixa de potenciais especificada. O sistema de aquisição de dados utiliza plataforma baseada em microcontrolador.