

ANÁLISE DE MATERIAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SENSOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ÁGUAS NATURAIS

TUANY DA CUNHA VERGARA¹; MATHEUS XAVIER GIRÓ²; LEONARDO CONTREIRA PEREIRA³

¹*Universidade Federal de Pelotas – tuany-vergara@hotmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – mtsxg1@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – leonardocontreira@hotmail.com*

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água pode ser monitorada através da quantificação de seus parâmetros químicos, físicos e biológicos. Por cada corpo hídrico possuir características específicas não uniformes e que sofrem variações ao longo do tempo, para um melhor entendimento do seu comportamento é necessário uma medição contínua destes parâmetros. A condutividade elétrica em meios aquáticos é definida como a propensão de um corpo d'água em conduzir corrente elétrica como consequência da dissolução de sais minerais na água na forma de íons. Considerada um parâmetro indicador de qualidade da água pela presença de sólidos dissolvidos, é mensurada através da sua relação com a variação destas concentrações em um corpo hídrico. Assim, no caso da água do mar ou mistura salobra, a condutividade elétrica é uma medida indireta de sua salinidade.

A condutividade elétrica é inversamente proporcional à resistividade de um material, com isso, pode-se medir a resistividade para mensurar a condutividade de um fluido, através da diferença de potencial entre dois eletrodos. Pelo Sistema Internacional de Unidades, a condutividade elétrica é medida em Siemens por unidade de comprimento.

A medida de condutividade elétrica de águas naturais, por ser um parâmetro de avaliação de qualidade da água, pode ser indispensável para a manutenção de culturas vegetais. No município de Pelotas – RS, por exemplo, onde ocorre a intrusão salina do Estuário Laguna dos Patos para o Canal São Gonçalo, há a necessidade de um barramento para que as comportas impeçam a chegada da água salgada na Lagoa Mirim, onde a manutenção de água doce é essencial para a cultura do arroz.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo a construção de um sensor para medir a condutividade elétrica da água com material de baixo custo para o monitoramento ambiental de águas naturais.

2. METODOLOGIA

Para o início do processo de desenvolvimento do sensor de condutividade elétrica, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os cálculos necessários para que o sensor obtivesse os resultados com maior precisão. Considerando que cada material possui uma condutividade elétrica específica, conhecida como k , Velho (2006) a define a partir da Lei de Ohm, onde uma resistência de referência busca o ponto de equilíbrio. Ainda através da Lei de Ohm, pode-se encontrar a condutância elétrica G (equação 1), para que a diferença de tensão resulte na resistência do fluido, onde V é a tensão e I , a corrente.

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V} \quad \text{Eq. 1}$$

Os valores para k foram adotados considerando os valores extremos para água potável e água do mar, utilizando respectivamente, $15\mu\text{S}/\text{mm}$ e $550\mu\text{S}/\text{mm}$.

Logo, a equação 2 define a condutividade elétrica específica de um material como dependente da relação da área a pela distância d do eletrodo, enquanto a equação 3 define a resistência da solução como o inverso de k .

$$k = R * \frac{a}{d} \quad \text{Eq. 2}$$

$$R_{sol} = \frac{1}{k} * \frac{d}{a} \quad \text{Eq. 3}$$

Então, segundo Fujiwara (2015), encontra-se a equação 4, que nos dá a área necessária para o eletrodo, respeitando a tensão de alimentação/sinal de resposta ($V_i=5\text{V}$) e a resolução do Arduino ($V_s=15\text{mV}$).

$$a = \frac{V_s * d}{k * R10 * (V_i - V_s)} \quad \text{Eq. 4}$$

As conexões na placa Arduino foram definidas considerando que o sensor deve estar ligado à porta 5V e em uma porta de leitura do Arduino juntamente com um resistor predefinido, que fará a ligação também com a porta GND, como mostra o esquema a seguir.

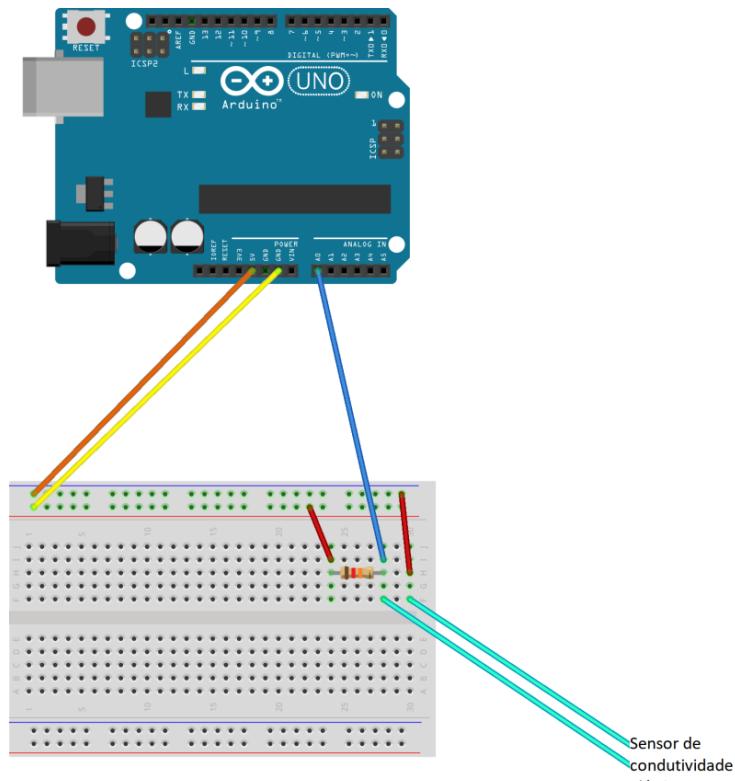


Figura 1: Esquema de ligação do sensor de condutividade elétrica na placa microcontroladora Arduino

Após definidos os materiais para cada sensor, considerando que seriam utilizados materiais disponíveis no momento da fabricação, iniciou-se o processo com fio de ouro 24k e prata, com diâmetro de 0,1mm e distância de 4mm entre os eletrodos, sendo o sensor de prata com apenas a área de seção do fio e o de ouro com área de seção e comprimento de 5mm em cada eletrodo. Nos dois casos foram testados resistores de 6.8, 100, 1000 e 12000 Ohm (Ω).

Velho (2006) relaciona a medida de temperatura e viscosidade do solvente com a de condutividade elétrica da solução, por conta da velocidade de movimentação dos íons, contudo, para a análise de materiais para o desenvolvimento do sensor, não foi considerada a inclusão desta constante.

Utilizando uma placa microcontroladora Arduino Uno e seu software de controle, a aplicação do código de programação foi realizada através da extração de dados da porta serial para o Software MS Excel e, nas leituras realizadas, foram gerados gráficos de tensão vs. Tempo. Foi definido como “tempo zero” o momento o qual se inicia a medição, utilizando-se a média do valor mais estável do sinal ao longo de 20 segundos contínuos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversos testes piloto com materiais condutores foram realizados para que fosse conhecido o funcionamento do sensor no circuito, sua resposta na interface Arduino. Também houve a necessidade de testar os resistores de valores distintos, onde foi definido que seria utilizado o de 12 kΩ como padrão. Então, para a definição dos materiais para a construção do sensor, a aplicação dos cálculos foi realizada, para assim, definir se os materiais disponíveis pelo grupo seriam passíveis de utilização.

Os testes feitos em laboratório com o sensor feito com fio de prata e resina epóxi demonstraram diminuição constante na tensão para uma solução com cloreto de sódio dissolvido. Esse comportamento pode demonstrar que o eletrodo pode estar reagindo com o cloreto na solução, indicando que o material não é propício para esse tipo de medida em água salgada, pois o mesmo não ocorreu em água potável, onde a medida obteve maior estabilidade.

Entretanto, com o sensor fabricado com fio de ouro 24k e eletrodo com área de seção somada ao perímetro do fio, pôde-se observar maior estabilidade para as duas soluções de teste, como mostra o gráfico a seguir, em um intervalo de 20 segundos de medição, sendo os 10 primeiros segundos na solução potável e os 10 segundos posteriores na solução com cloreto de sódio.

Tensão vs. Tempo

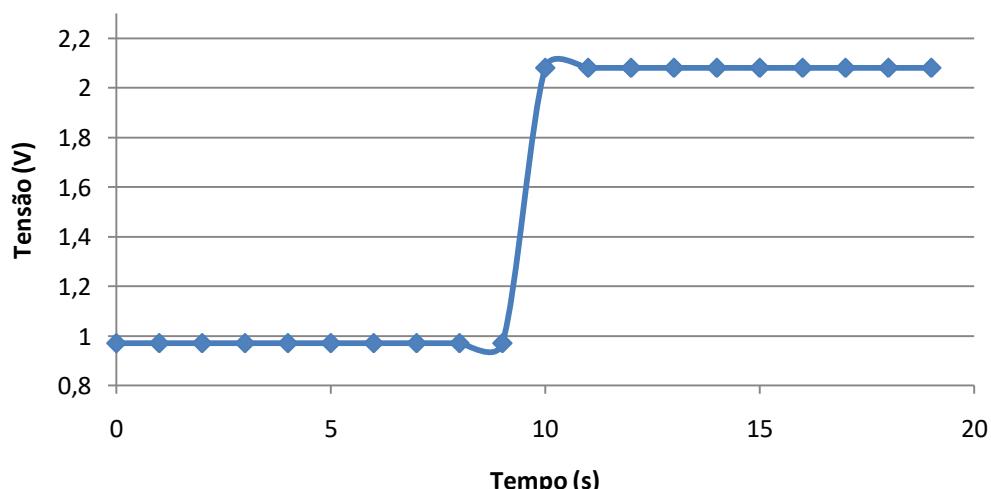


Gráfico 1: Variação da tensão nas soluções potável e com cloreto de sódio mensurada pelo sensor produzido com fio de ouro 24k

4. CONCLUSÕES

Durante testes preliminares com materiais de aço galvanizado, pôde-se concluir que o sensor necessita estar ligado a um resistor de valor alto como referência e os eletrodos necessitam de uma distância entre suas áreas para que haja a diferença de potencial onde é mensurada a condutividade elétrica do fluido. Apesar de o sensor produzido com fio de ouro 24k mostrar um resultado aceitável para um mesmo fluido, os eletrodos não possuem superfície de contato suficiente para a resolução esperada dos resultados. Para o sensor produzido com prata, conclui-se que apenas a área da seção do fio não é suficiente para uma medida segura em água potável, e que não é recomendado para medidas de salinidade de águas salobras/salinas.

Novos sensores, com eletrodos de materiais e áreas diferentes precisam ser testados antes da montagem de um protótipo utilizando o sensor, pois sua utilização *in situ* precisa da maior confiabilidade possível, podendo acarretar em descontinuidade da medição ou medidas incorretas. Além disso, testes de performance devem ser mais detalhados, avaliando a faixa de linearidade e sensibilidade, entre outros fatores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fujiwara, C H. **Desenvolvimento de um sensor de condutividade para a determinação do tempo de resposta em um sistema de pulverização agrícola com injeção direta.** 2015. Monografia. Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Velho, R G. **Medidas de condutividade na caracterização de complexos inorgânicos: um levantamento bibliográfico.** 2006. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos.