

DESENVOLVIMENTO DE SENSOR DE UMIDADE PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Rafael Montanher Barros ¹; Alessandra Dutra Coelho ²; Wânderson de Oliveira Assis ³
Fernando de Almeida Martins ⁴

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

^{2,3} Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

⁴ Engenheiro do Centro de Pesquisas do Instituto Mauá de Tecnologia (CP/CEUN-IMT).

Resumo. *Este trabalho tem como objetivo a construção e funcionamento de um sensor de umidade capacitivo em três níveis para utilização em uma horta automatizada. O diferencial desse sensor é a medição em três níveis, possibilitando que apenas um conjunto realize 3 medições em diferentes profundidades, produzindo assim mais dados sobre o solo, o que acarreta um melhor desempenho e precisão da automação da horta como um todo. O sensor foi construído a partir de um tubo de PVC com 3 cortes em diferentes posições para a alocação de dois anéis de aço inox a cada posição, esses serão responsáveis por realizar as medições da umidade do solo. Além disso, foi posicionado na parte superior do sensor uma caixa vedada para o armazenamento da parte eletrônica que será encarregada por coletar os valores medidos e os enviar por radiofrequência para o sistema de IOT (Internet of Things) do Instituto Mauá de Tecnologia chamado de Smartcampus.*

Introdução

Nos últimos anos, como consequência da Quarta Revolução Industrial, o mundo se deparou com conceitos como o de automação industrial, *Internet of Things* (Internet das coisas) e computação em nuvem. Desde então, esses conceitos se tornaram, praticamente, de implementação obrigatória em diversos meios de trabalho, por proporcionarem uma melhora em diversos pontos da cadeia de produção das indústrias. Para a indústria agrícola, a implementação da automação e da agricultura de precisão proporcionaram diversas contribuições positivas, trazendo tanto uma maior produtividade com menores custos, quanto o aumento da sustentabilidade das indústrias com uma diminuição no volume de água utilizado.

No Brasil, a agricultura tem uma grande participação na economia. De acordo com a Secretaria de Relações Internacionais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SRI/Mapa), a atividade do setor agrícola é responsável por quase 5% do PIB, totalizando aproximadamente 100 bilhões de reais. É evidente, com base nesses dados, que o aumento de produtividade nesse mercado seria algo muito vantajoso para os produtores e para a economia.

Além disso, o setor agrícola brasileiro é um dos maiores responsáveis pelo consumo de água do país, sendo, concomitantemente, um dos que mais desperdiça. Nessa perspectiva, segundo o Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, na sigla em inglês), o segmento econômico usufrui de 70% da água disponível no país, porém quase metade desse montante é desperdiçado. Um dos motivos desse desperdício é o uso de irrigações pouco precisas, uma vez que não há um monitoramento constante das inúmeras variáveis que afetam o valor de água necessária para a irrigação, fazendo com que seja utilizado valores hídricos constantes e que muitas vezes não são necessários.

Dessa maneira, com os inúmeros tipos de sensores e de tecnologias disponíveis, é possível realizar a automatização de áreas agrícolas implementando monitoramentos constantes de vários parâmetros da plantação. E a partir deles, disponibilizar os recursos corretos na agricultura que maximizam a produção e ao mesmo tempo torna-a mais sustentável ao ocasionar a diminuição do consumo de energia e dos recursos hídricos, minimizando os desperdícios.

Assim, esse projeto tem como objetivo o estudo, desenvolvimento e calibração de um sensor de umidade do solo utilizando o conceito de medições multiníveis, que será implementado em sistema IOT de monitoramento de uma horta no Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) com o intuito de gerar dados referentes ao solo da plantação. Esses serão posteriormente utilizados para determinar se irá ocorrer a irrigação da horta, minimizando o desperdício de água e aumentando a produtividade.

Material e Métodos

Sensor capacitivo

Importante delimitar, inicialmente, que há diversas maneiras de funcionamento de um sensor de umidade, podendo ser citado, por exemplo, o capacitivo, o resistivo e o térmico. Para esse projeto utilizamos a metodologia de um sensor capacitivo que além de ser de fácil construção é de baixo custo e apresenta boa precisão nas medições.

Esse sensor consiste em duas placas paralelas feitas de material condutor e entre elas há um material isolante chamado de dielétrico. Basicamente, dois princípios podem ser utilizados para caracterizar uma determinada grandeza variante no tempo (EDMINISTER, 1985): (i) princípio baseado na variação da distância entre as placas do capacitor; (ii) a utilização da variação do meio dielétrico existente no interior das placas do capacitor.

Uma vez que o sensor é confeccionado com um material dielétrico poroso, na medida em que o solo recebe mais água, o material dielétrico tende a equilibrar a quantidade de água em seu meio com a do solo e o mesmo acontece no inverso, quando o solo perde água. Ou seja, com o aumento ou diminuição dos volumes de água, o dielétrico tem suas propriedades físicas alteradas e conseqüentemente há uma mudança no valor da sua permissividade elétrica, o que afeta linearmente a capacitância do sensor.

Como a tensão do sensor tem relação inversa com sua capacitância, a medição da umidade do solo se dará através da relação da tensão com a quantidade de água presente no solo.

Medição multinível

O diferencial do sensor construído se deve pela metodologia adotada de medições multinível. Essa consiste em um único conjunto que realiza diversas medições simultaneamente em diferentes profundidades. Pelo fato do dispositivo, como um todo, ser um conjunto de vários sensores de umidade, isso facilita a sua montagem e adaptação de sensores comuns para sensores multiníveis. Além disso esse conceito facilita a adaptação do sensor para diferentes culturas, uma vez que cada planta desenvolve suas raízes em profundidades específicas (BORIM, 2015).

Em paralelo, foi realizada uma pesquisa sobre a soja (cultura utilizada na horta onde o sensor desenvolvido será instalado) onde foi verificado que para o melhor desenvolvimento da planta seriam necessárias irrigações específicas para diferentes profundidades da raiz. Por exemplo, uma menor umidade na raiz no período vegetativo e posteriormente uma maior umidade do solo durante o período reprodutivo da planta.

Para a automação agrícola os sensores multiníveis são uma ótima escolha, o monitoramento da umidade da raiz da planta é fundamental para que ela cresça da forma correta. Com isso, um sensor capaz de medir simultaneamente o valor de várias profundidades auxilia na irrigação com uma maior precisão, economizando água, energia e tendo um melhor monitoramento das condições em que as plantas estão submetidas.

O sensor confeccionado tem as medidas descritas na Figura 1, quando introduzido no solo ficará com 30 cm para fora do solo, fazendo com que os sensores fiquem nas profundidades de 70 cm, 30 cm e 10 cm.

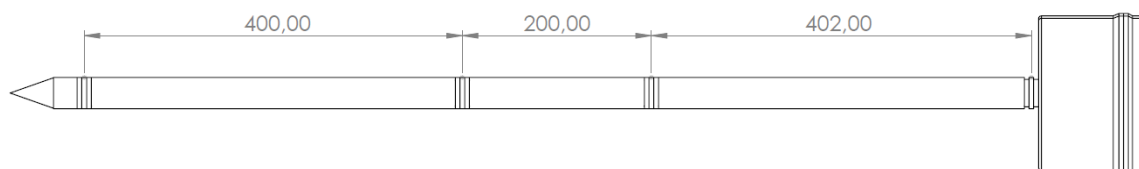


Figura 1 – Medições multiníveis utilizadas na confecção do sensor (em milímetros)

Confecção

Para a construção do sensor foi realizado o modelamento 3D no software Solidworks (Figura 2) e posteriormente confeccionado no FabLab da faculdade (Figura 3). O corpo do dispositivo foi construído a partir de tubos de PVC divididos em 3 partes rosqueáveis para facilitar sua montagem. Além disso a cada divisão dos tubos foi utilizado dois anéis de inox, sendo esses os responsáveis pelas medições uma vez que são os eletrodos do mecanismo. Na parte inferior do mesmo foi adicionado uma ponta cônica de aço inox para facilitar a introdução do conjunto no solo. Já na parte superior, foi confeccionada uma caixa para ser rosqueada no corpo do sensor.

Adiante, no interior do tubo de PVC foi adicionado um fio elétrico para cada anel de inox presente, totalizando seis fios. Esse cabeamento é levado para dentro da caixa na parte superior do dispositivo, responsável por armazenar todo o sistema eletrônico necessário para o funcionamento.

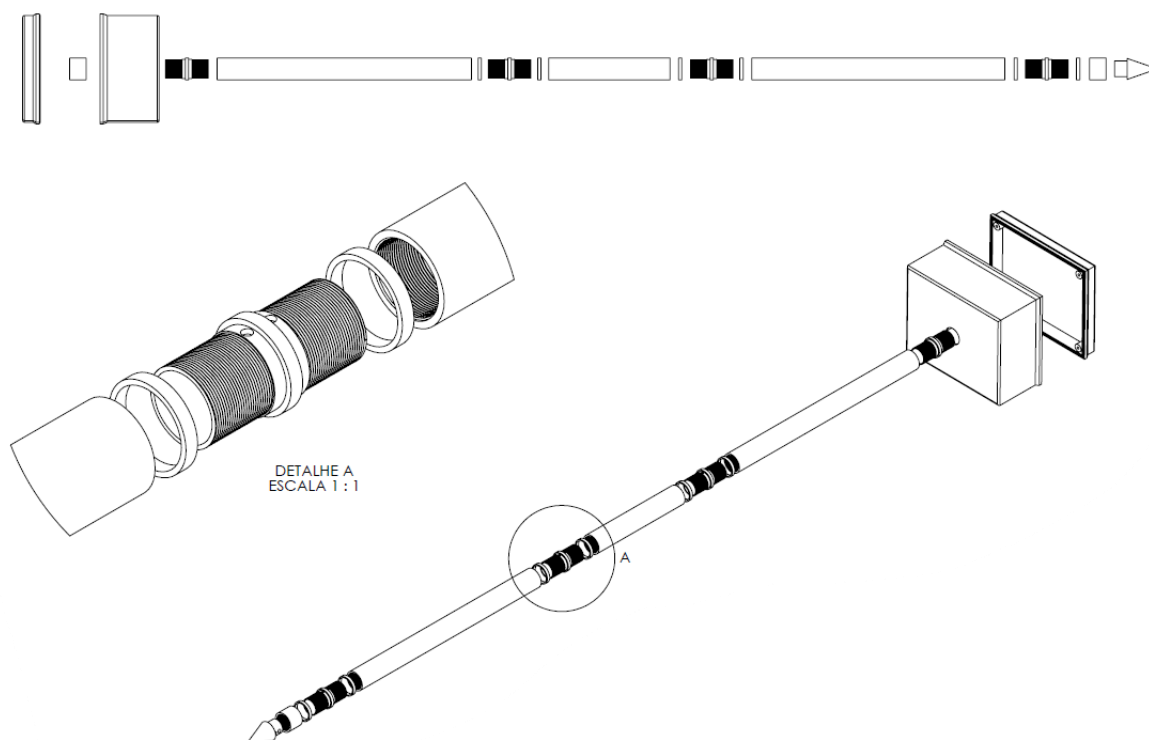


Figura 2 – Modelagem 3D no software Solidworks do sensor montado



Figura 3 – Estrutura em PVC confeccionada no FabLab da faculdade

Calibração

Como o sensor em questão foi totalmente desenvolvido neste projeto de iniciação científica, para que os dados produzidos por ele fossem verossímeis foi imprescindível a realização uma calibração. De acordo com BOLTON (2015) a calibração é um processo de comparação dos dados obtidos pelo sistema de mensuração com um referencial padrão. Portanto o método utilizado para tanto consiste em efetuar uma interpolação linear a partir dos dados medidos em dois sensores diferentes, um sendo o fabricado e o outro um sensor comercial tomado como referência (COELHO *et. al.*). Para a mensuração de umidade, foi conectado o sensor comercial em uma placa Arduino Uno em que os dados coletados foram descritos em planilha no Microsoft Excel para posterior execução da interpolação linear. Já os dados do sensor construído foram coletados a partir do sistema de IOT *Smartcampus* desenvolvido pela faculdade no qual o dispositivo envia os dados mensurados via protocolo LoRa.

Nesse caso, o sensor comercial utilizado foi um sensor de umidade do solo higrômetro com comparador LM303 (Figura 4) que relaciona a umidade presente no solo com a variação da resistência entre seus dois eletrodos. Esse é facilmente adquirido, porém não é muito preciso em suas medições, não sendo o ideal para utilizar como referência para a calibragem de outro sensor.

Inicialmente foi encomendado o HidroFarm – HFM1010 – ISAF20cm que seria utilizado para uma calibração mais precisa, todavia devido principalmente à pandemia do coronavírus em 2020, ele não foi entregue a tempo e foi inevitável utilizar o sensor higrômetro como referência para a calibração do instrumento desenvolvido.

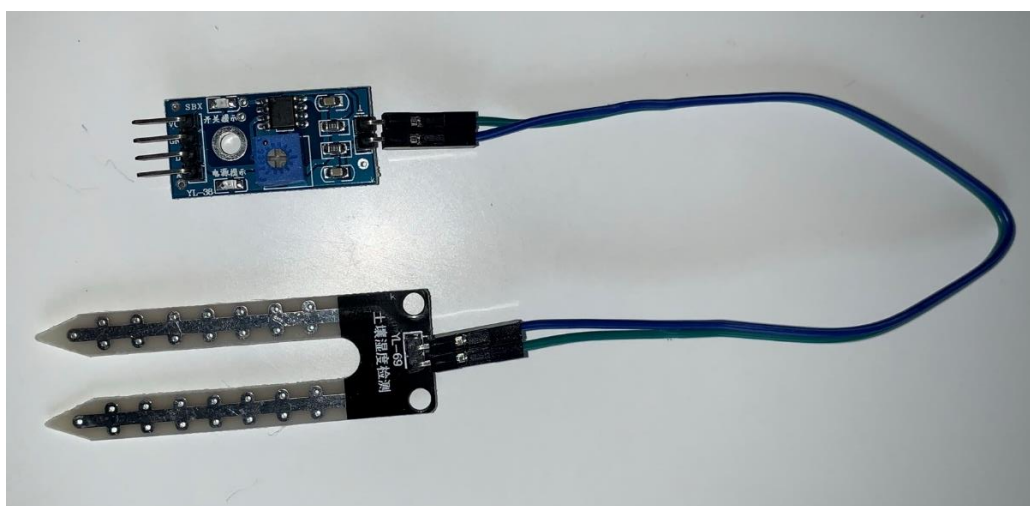


Figura 4 – Sensor de umidade do solo higrômetro e comparador LM303

Os sensores então foram expostos simultaneamente a 8 diferentes cenários, sendo dois deles os extremos e os outros 6 as medições no solo. Inicialmente foram aferidas as umidades em duas situações extremas, os dispositivos foram imersos em água, ou seja, em um ambiente totalmente úmido e na sequência ambos foram expostos ao ar, o que corresponde a um ambiente totalmente seco. Em seguida, foram realizadas outras 6 medições com os sensores bem

próximos um do outro em diferentes pontos no solo com o intuito de comparar os valores apontados.

Resultados e Discussão

A partir da modelagem 3D realizada no Solidworks foi construído uma primeira versão do corpo do equipamento em PVC. A partir desta, foram detectados alguns pontos de melhoria para a construção do sensor, entre elas, podem ser citadas: (i) a separação em 3 partes do tubo de PVC; (ii) a adição de roscas para a junção, facilitando a confecção e o seu transporte; e (iii) a fixação dos eletrodos em anéis que antes eram feitos em duas meias circunferências.

Posteriormente à montagem dos elementos, foi adicionada a eletrônica (Figura 5) responsável pela coleta e envio das leituras dos sensores para o sistema *Smartcampus* Mauá.



Figura 5 – Os três sensores montados com a eletrônica funcionando

Já para a calibração dos sensores, a partir dos dados obtidos e com a ajuda do software Microsoft Excel foi possível construir a Tabela 1 com o intuito de obter um gráfico (Figura 6) para realizar a interpolação linear. Esse processo foi repetido para os outros dois sensores (Tabelas 2 e 3 e Figuras 7 e 8).

Dessa forma, com base nesses dados, foi traçada a linha de tendência, descobrindo a equação $y = -0,0398x + 135,03$ para o sensor 1, a equação $y = -0,0383x + 123,78$ para o sensor 2 e a equação $y = -0,0354x + 113,62$ para o sensor 3 (sendo y o valor em porcentagem de umidade no solo e x o valor medido pelo sensor), as quais foram utilizadas para calibrar os dados recebidos dos sensores construídos, fazendo com que esses sejam confiáveis e apareçam em porcentagem de umidade no solo.

Tabela 1 – Valores medidos com o sensor capacitivo 1 e com o higrômetro

Sensor Capacitivo 1	Umidade Relativa Higrômetro (%)
3488	0
1179	100
2847	32
2499	39
1904	42
2314	42
2904	16
2587	24

Tabela 2 – Valores medidos com o sensor capacitivo 2 e com o higrômetro

Sensor Capacitivo 2	Umidade Relativa Higrômetro (%)
3426	0
965	100
1358	78
2395	10
1914	18
1011	90
2796	41
2839	13

Tabela 3 – Valores medidos com o sensor capacitivo 3 e com o higrômetro

Sensor Capacitivo 3	Umidade Relativa Higrômetro (%)
3253	0
1119	100
1467	48
3027	20
1890	32
1201	69
2353	23
2281	30

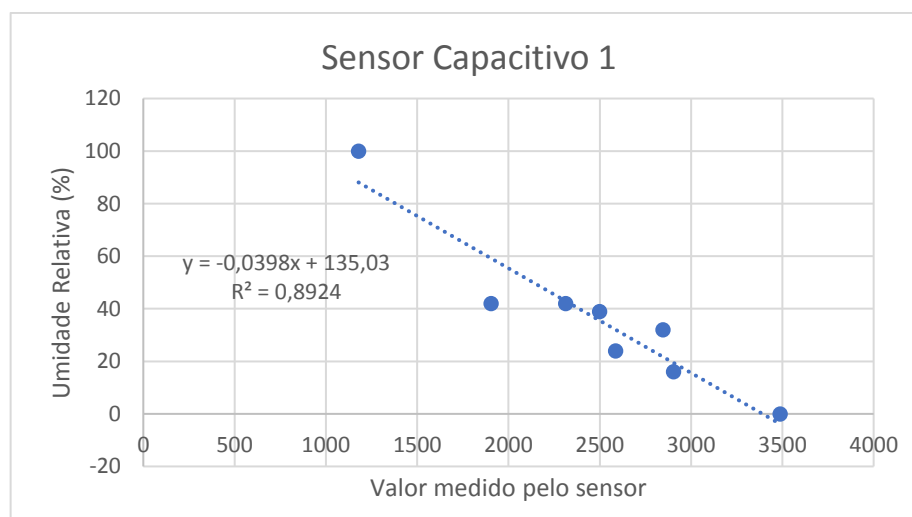


Figura 6 – Gráfico construído a partir dos dados da Tabela 1 com a equação encontrada a partir da interpolação linear

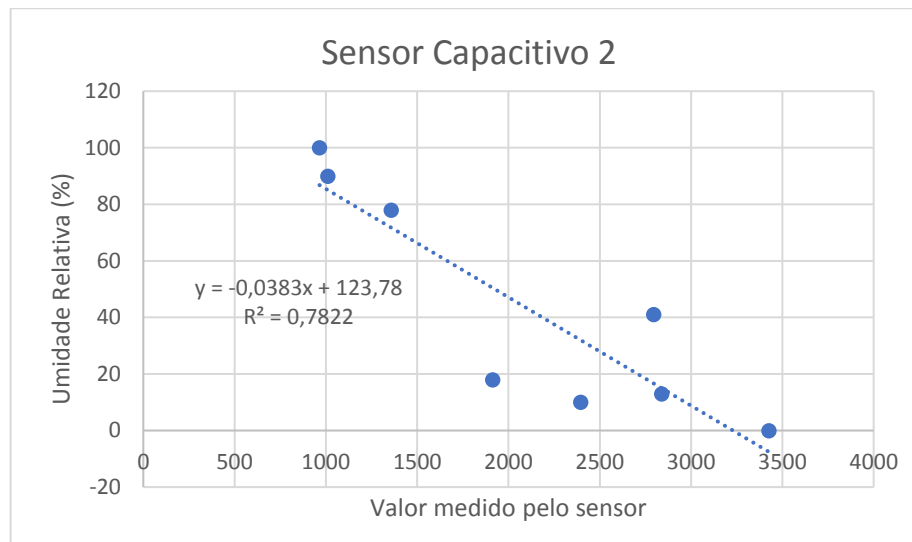


Figura 7 – Gráfico construído a partir dos dados da Tabela 2 com a equação encontrada a partir da interpolação linear

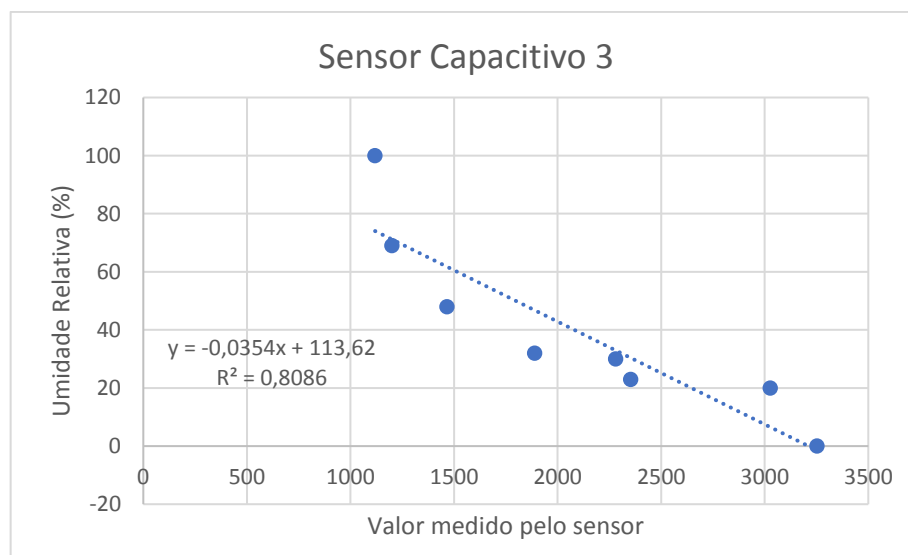


Figura 8 – Gráfico construído a partir dos dados da Tabela 3 com a equação encontrada a partir da interpolação linear

Conclusões

Concluimos, portanto que a medição multinível é uma ótima escolha para se utilizar em sistema de automação na agricultura de precisão, uma vez que com mais dados sobre o local da plantação (especialmente sobre a umidade) o sistema e os usuários podem ter um maior controle sobre a plantação, deixando o sistema muito mais preciso, o que possibilita um crescimento melhor e mais rápido da planta, gastando menos água e energia.

Além disso, por mais que tenha sido possível realizar a calibração do dispositivo com o auxílio de um sensor comercial higrômetro, essa não foi realizada com uma precisão adequada, uma vez que as leituras tiveram uma certa variação. Mesmo assim ainda foi possível gerar valores consistentes para serem utilizados posteriormente. Provavelmente, com a utilização de um sensor mais preciso como o HidroFarm – HFM1010 – ISAF20cm a calibração teria sido mais efetiva, fazendo com que o sensor construído, conseqüentemente, tivesse uma leitura mais precisa da umidade relativa do solo. De qualquer modo, importante salientar que os sensores desenvolvidos nesta iniciação permanecem em funcionamento na horta do IMT, gerando dados que contribuem para seu melhor desenvolvimento.

Futuramente, pode-se realizar a implementação de sensores adicionais na plantação, como o de temperatura tanto para o solo quanto para o ambiente e um sensor de ph, assim é possível monitorar mais parâmetros sobre a plantação e corrigi-los de acordo com a necessidade para aumentar a eficiência do desenvolvimento da planta. Outra possível implementação seria a de monitoramento por câmeras, na qual seria possível o acompanhamento do crescimento da planta, obtendo dados como a altura da planta, a densidade de plantas no local e até mesmo a identificação de animais e pragas no local.

Referências Bibliográficas

Bolton, W.; (2015) *Instrumentation and Control Systems*. 2nd edition. Oxford, Elsevier Ltd.

Borim, A.C.A.; Pinto, C.A.R. (2015) Medição de umidade no solo através de sensores capacitivos. Anhanguera Educacional.

Coelho, A.D.; Assis, W.O.; Dias, B.G.L; Martins, F.A.; Pires, R.C. *Monitoring of Soil Moisture and Atmospheric Sensors with Internet of Things (IoT) Applied in Precision Agriculture*, Instituto Mauá de Tecnologia.

Edminister, J.A.; (1985) Circuitos Elétricos, São Paulo, McGraw-Hill.