

SENSOR FOLIAR PARA IRRIGAÇÃO

ANDRESSA LEÃO DOS SANTOS¹, RENILDO LUIZ MION², NAYRA KRISTINE SILVA BARROS³, JOÃO GABRIEL RODRIGUES⁴

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Rondonópolis, (11) 953091363, andressaleaosantos@gmail.com

² Professor, Doutor, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis, renildomion@gmail.com

³ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Rondonópolis, nayra_kris@hotmail.com

⁴ Mestrando no Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Rondonópolis, jgabi17@gmail.com

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O uso de sensores e tecnologias de baixo custo, tem feito diferença em várias áreas, para as soluções de problemas aos quais anteriormente se apoiavam em decisões onerosas e não eficazes. Com objetivo do sensoriamento, que impele impessoalidade e resulta na efetivação de assertividade, e mediante ao avanço e popularização de linguagens computacionais, foi possível o desenvolvimento de um sistema eletrônico para estimar a necessidade de água da planta. Foi utilizado um dispositivo Arduino Nano em conjunto a módulos específicos no desenvolvimento de um sensor foliar para a captação de tensão da água nas folhas das plantas. O objetivo foi medir a tensão de água na folha do feijão caupi em diferentes lâminas de irrigação. Os experimentos foram avaliados em casa de vegetação, com ambiente totalmente controlado, para a cultura de feijão caupi. Dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições totalizando 20 unidades experimentais. Os resultados mostraram uma tendência no aumento da tensão nas medições de acordo com o aumento da irrigação ofertada a planta, observando variação considerável entre os tratamentos, demonstrando o efetivo funcionamento do sensor proposto.

PALAVRAS-CHAVE: automação, necessidade hidrológica, tensão foliar.

LEAF SENSOR FOR IRRIGATION

ABSTRACT: The use of low cost sensors and technologies has done differences in many areas, to solve problems that used expansive and no effective decisions previously. With the objective of sensing and through the advancement and popularization of computational languages, it was possible to development an electronic system that estimate the water requirement in the plant. Was utilized the Arduino Nano device, the leaf sensor developed to capture water tension in the leaves of plants. The objective is to measure the tension caused by the passage of water through the ionic medium of the physiological layer of the plants, thus generating a low current, however noticeable. The effectiveness of the measurements was evaluated in a greenhouse, with a fully controlled environment, for the cowpea culture. The experiment was carried out in a completely randomized design, with 4 treatments and 5 repetitions totaling 20 experimental units. The results showed a trend in the measurements according to the irrigation offered to the plant, watching variation obtained between treatments, demonstrating the effective functioning of the proposed sensor.

KEYWORDS: automation, hidrological need, leaf tension

INTRODUÇÃO: A prática de irrigação é fundamental para o desenvolvimento das culturas agrícolas. Entretanto, o uso inadequado dos recursos hídricos, pode-se tornar um problema tanto do ponto de vista econômico, quanto social. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2016), 70% da água utilizada no mundo é destinada ao setor agrícola, 20 e 10% aos setores industriais e domésticos, respectivamente. Logo, a busca por tecnologias que diminuam o efeito negativo da prática na agricultura devem ser incentivadas.

O cálculo realizado para irrigação atualmente leva em consideração variáveis pertencentes a característica do solo como, a capacidade campo deste, sua textura, o potencial matricial, além do uso de outras metodologias como utilização de instrumentos como tanque classe A e tensiômetro, que baseiam-se em dados que não provêm diretamente das culturas a serem irrigadas (RESENDE. M., ALBUQUERQUE. P., 2002). Não são suficientes na representação real da necessidade de água pelas plantas, depositando no solo um recurso que sofrerá perdas e transformações como a evaporação, quantidade esta que não tem seu objetivo consumado pela absorção da planta.

De acordo com a Teoria da Coesão – Adesão proposta por Dixon & Joly (1895) (CORREIA, S. 2014), o movimento da água na planta ocorre de maneira ascendente, transportando nutrientes em forma de seiva. O fluxo só é possível devido a diferença de tensão gerada pela transpiração, a partir do gradiente de pressão de vapores entre os espaços intercelulares e a superfície foliar, o potencial hídrico diminui, movimentando a água para as zonas de potencial hídrico mais elevado, desjulgando uma força que permite o movimento da água. Esse movimento cauciona uma diferença de tensão entre folha e atmosfera e a formação de uma energia livre na planta. De acordo com Mender et al. 2018 existe uma conservação de energia em folhas de plantas quando essas são energizadas, onde comprovam que as folhas podem guardar cargas elétricas no tecido, essas podem ser providas do processo de fotossíntese em baixa proporção escala, e aumentadas quando submetidas a triboeletrificação. Segundo Bezerra et al. (2008), a cultura do Feijão caupi apresenta grande resistência a situações adversas, o que possibilita um tempo maior sem interferência significativa no desenvolvimento da cultura, facilitando análise dos dados obtidos a partir de diferentes lâminas de irrigação aplicadas.

Portanto, o objetivo do projeto consistiu avaliar a adaptação de um sensor foliar para o aferimento da tensão foliar na cultura do Feijão Caupi em casa de vegetação. (*Vigna Unguiculada*)

MATERIAL E MÉTODOS: No desenvolvimento do sensor de baixo custo foram utilizados materiais reaproveitados para a composição do leitor do sensor com a adaptação de um suporte de *webcam* implementando um eletrodo com pino em cobre e contra pino em cloreto de prata proveniente de eletrodos ECG de monitoramento cardíaco (Figura 1 B). A abertura para encaixe na superfície foliar foi ajustada para que assim não houvesse quaisquer interferências do corpo do leitor sobre a planta e conseqüentemente prejudicando a integridade física da folha ao ser aderido à planta.

O protótipo do sensor proposto foi construído a partir de uma placa Arduino nano (Figura 1 A), e programado utilizando-se a IDE (Ambiente de desenvolvimento Integrado) com linguagem C++. Através da diferença de potencial gerado pela porta Grand da placa e uma porta analógica podemos medir a tensão estabelecida pela passagem de água e íons na folha. Com auxílio de um módulo RTC para registro do tempo e módulo SD para armazenamento de dados (Figura 1C e Figura 1D).

Primeiramente foi realizada a calibração do sensor, com pilhas de baixa voltagem para que fossem testados na cultura escolhida, já que a voltagem emitida pelas plantas é de baixa amplitude.

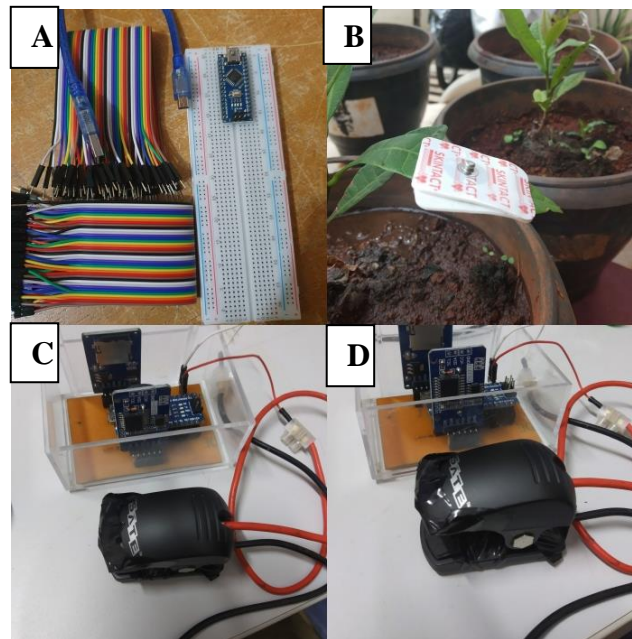


FIGURA 1: Construção Protótipo do sensor foliar e instalação em casa de vegetação. (A- Arduino Nano utilizado para o sensor, B- Eletrodo utilizado no leitor do sensor, C- Visão superior do sensor D- Visão lateral do sensor.)

O sensor desenvolvido foi avaliado quanto a sua capacidade de medir a tensão foliar em módulo experimental instalado em casa de vegetação. Foram montadas 20 unidades experimentais, constituído de vasos de 6 L (Figura 2 A) em que foram preenchidos com composto formado por substrato + areia (traço de 2:3, respectivamente) (Figura 2 B). A capacidade de campo (vaso) para o a mistura foi testada obtendo um resultado de 24.33% de retenção de água pelo solo, este foi submetido as devidas adubações conforme boletim dos Sistemas de Produção Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (NEVES, A. C. et.al, 2017) para a cultura do feijão-caupi que são 30 Kg.ha⁻¹ de ureia com 15 dias após emergência para adubação de cobertura, 40 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 Kg.ha⁻¹ de K₂O.



FIGURA 2: Preparação dos vasos para realização dos experimentos. (A-Vasos de 6 L utilizados para o procedimento. B-Mistura de substrato e areia na proporção 2:3.)

A avaliação do sensor proposto foi realizada em 3 momentos diferentes durante o processo de desenvolvimento da cultura utilizada no experimento. A primeira análise foi feita durante as primeiras semanas após o plantio do feijão-caupi. Neste momento a irrigação foi feita de forma uniforme entre as unidades experimentais seguindo as recomendações sugeridas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2010) utilizando uma lâmina diária de 3 mm até a cultura atingir o estágio vegetativo V3 (Figura 3 C). As folhas acima do segundo nó, onde corresponde à inserção das primeiras folhas da planta, foram utilizadas para os testes ao decorrer de todo o experimento (Figura 3 D). Nesta fase foi instalado o sensor na cultura para monitoramento das tensões de cada parcela.

Na primeira fase de avaliações foi observado o comportamento do sensor ao que se referia a irrigação efetuada em diferentes períodos do dia e diferentes regimes de tempo, a medições eram realizadas às 7h e às 17h. No segundo momento do experimento, após a formação uniforme das folhas nas plantas de todos os vasos foram divididos em quatro tratamentos com cinco repetições cada, os tratamentos consistiram em diferentes irrigações: 1.5, 3.0, 4.0, 5.0 mm água que eram aplicadas sobre as parcelas às 7h da manhã. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. As medições foram conduzidas durante duas semanas na parte da tarde as 17h.

Decorrida a avaliação do sensor com as quatro lâminas de irrigação utilizadas, o caule das plantas de feijão foi seccionados, interrompendo o fluxo de água e minerais na planta. Com o sensor ainda acoplado a planta foram obtidos os valores de tensão foliar e analisados subsequentemente. Foi realizado o teste de Tukey a 5% para avaliação do coeficiente de variação e as médias mais relevantes obtidas no experimento.

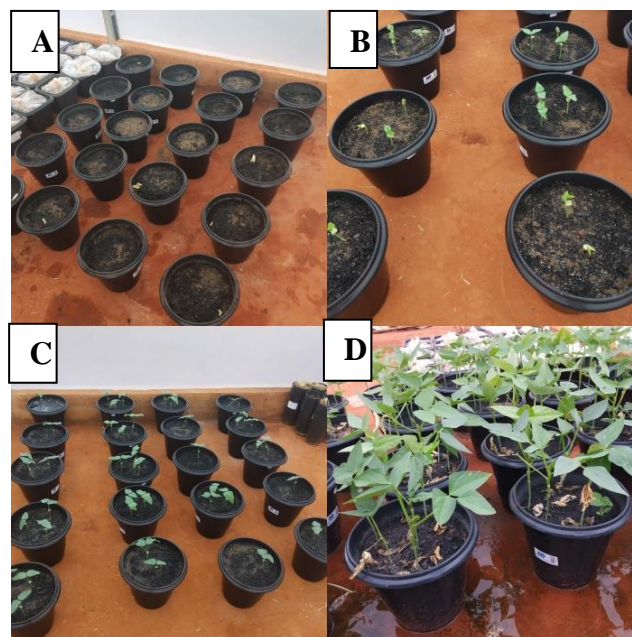


FIGURA 3: Estágios de desenvolvimento da planta de feijoeiro no experimento. (A- V0: fase de germinação, B – V1/V2: fase onde os cotilédones já emergiram e há o aparecimento das folhas primarias. C- V3: Aparecimento da primeira folha composta (trifoliada), onde o experimento começou a ser conduzido. D- V4: Onde a composição trifoliada já está desenvolvida e há o aparecimento das ramificações.)

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Durante a primeira etapa com a irrigação igualitária em períodos e regimes de tempo diferentes, as medições foram realizadas pela manhã e depois efetuada a irrigação, posteriormente foram feitas outras medições na parte da tarde. Na tabela 1 encontram-se as médias dos valores de tensão obtidos na primeira etapa de avaliação do dispositivo.

TABELA 1: Média de todas as parcelas, 3 medições em milivolts para períodos e regimes de tempo de irrigação diferentes.

Dia e período de irrigação	1 ^a medição	2 ^a medição	3 ^a medição
7/12/2019 manhã	18,924 mV	24,496 mV	24,799 mV
7/12/2019 tarde	30,215 mV	34,992 mV	30,720 mV
11/12/2019 32h sem irrigação	18,067 mV	13,022 mV	14,851 mV
13/12/2019 manhã	24,008 mV	18,636 mV	22,490 mV
13/12/2019 tarde	32,688 mV	22,856 mV	24,820 mV

Pôde-se observar que o sensor conseguiu apresentar medições diferentes que divergem com os períodos da manhã e da tarde como apresentado para os dias 07 e 13. No dia 11 observou-se que a falta de irrigação o sensor captou uma queda na tensão, então conclui-se que o presente sensor consegue entre os períodos e a falta de irrigação na planta. Na segunda etapa foram aplicados a divisão de tratamentos em que os dados obtidos de tensões em dias diferentes, podem ser observados na Figura 4, em que se refere aos resultados do dia 17/12,

no qual o valor mínimo encontrado foi de 3,982 mV para a irrigação de 5,0 mm, e o valor máximo de 71,38 mV para a Irrigação de 4,0 mm.

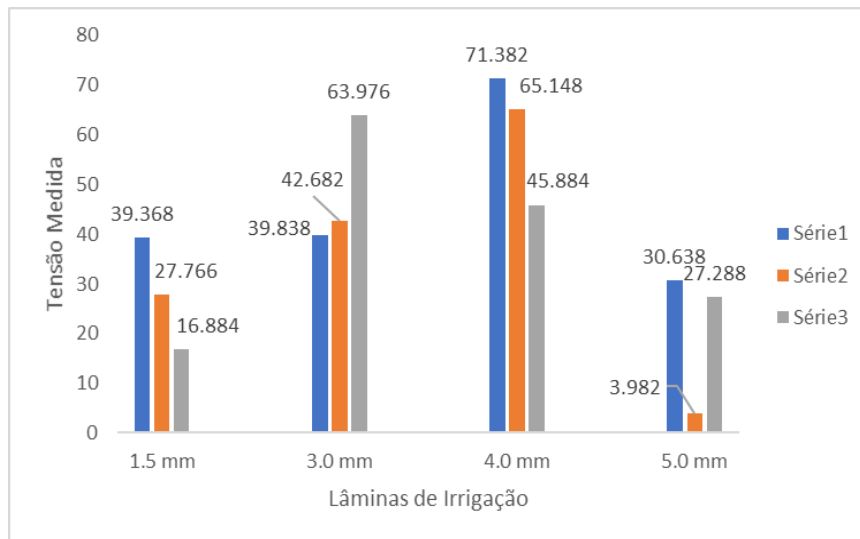


FIGURA 4: Gráfico do comportamento das tensões (mV) para as 3 medições na segunda fase do experimento. Dados coletados no dia 17/12/2019. (Gráfico de tensão pelo número de medições, diferenciados pelos tratamentos de 1.5, 3.0, 4.0, 5.0 mm de irrigação).

Para o dia 18/12 os dados são demonstrados na Figura 5, em que o valor mínimo obtido no dia foi de 0 mV, para a irrigação correspondente ao valor de 1,5 mm e, o valor máximo obtido foi o de 50.168 mV para a irrigação de 5,0 mm.

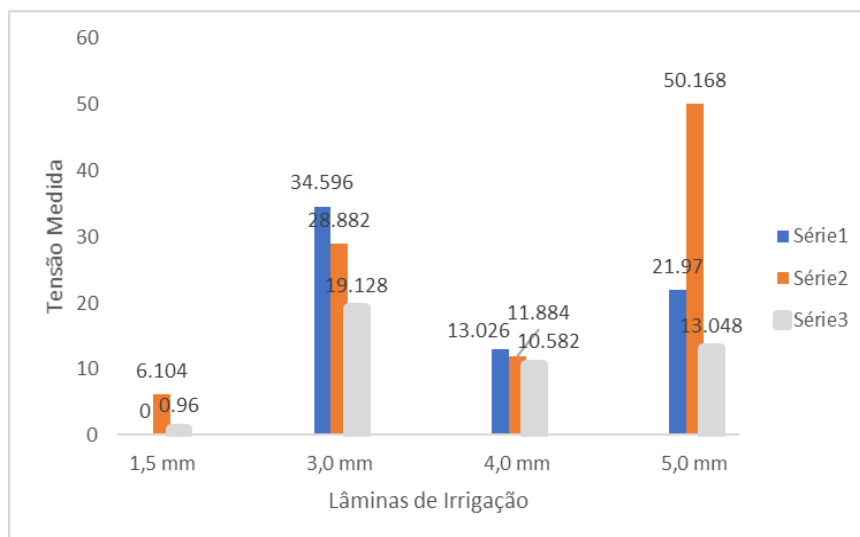


FIGURA 5: Gráfico do comportamento das tensões (mV) para as 3 medições na segunda fase do experimento. Dados coletados no dia 18/12/2019. (Gráfico de tensão pelo número de medições, diferenciados pelos tratamentos de 1.5, 3.0, 4.0, 5.0 mm de irrigação).

Para o dia 19/12 foram obtidos os resultados demonstrados na Figura 6, o menor valor encontrado foi o de 4,27 mV para a irrigação de 1,5 mm, e o valor máximo de 25 mV para a irrigação de 4,0 mm.

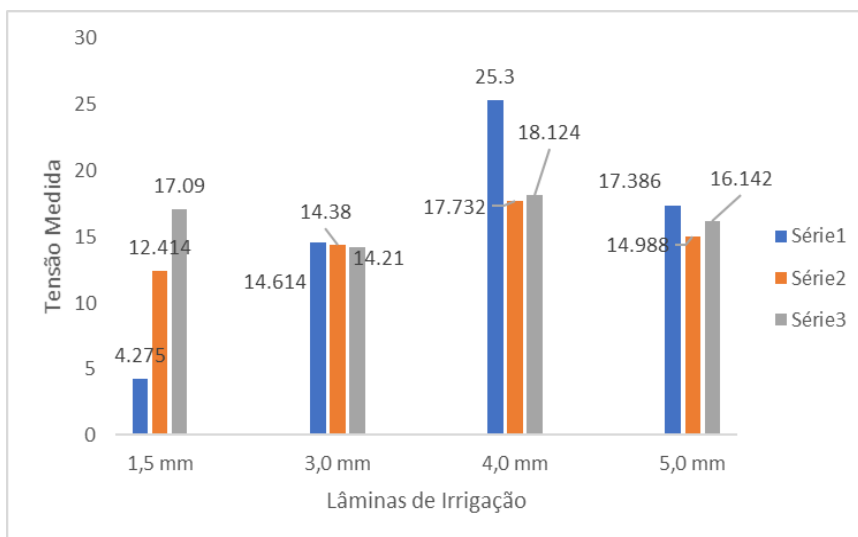


FIGURA 6: Gráfico do comportamento das tensões (mV) com 3 medições para os tratamentos na segunda fase do experimento. Dados coletados no dia 19/12/2019. (Gráfico de tensão pelo número de medições, diferenciados pelos tratamentos de 1.5, 3.0, 4.0, 5.0 mm de irrigação).

Observa-se na Figura 7 o comportamento diferente entre as curvas para os diferentes lâminas de água estudadas, referentes aos últimos dias da segunda fase do experimento. Podemos afirmar que houve uma variação maior entre os dias dos tratamentos correspondentes as irrigações de 1,5 mm e 5,0 mm. Isto pode estar correlacionado as alterações metabólicas que a falta ou o excesso de água provoca na planta. O sensor na segunda fase mostrou se capaz de detectar as diferentes tensões para os diferentes tratamentos nas diferentes lâminas estudadas. Na terceira e última fase de experimentos houve o corte do caule das plantas em que os dados obtidos pelo sensor, observou-se decréscimo de tensão pela perda de água circulando na planta, resultados que podemos observar na Figura 7 abaixo.

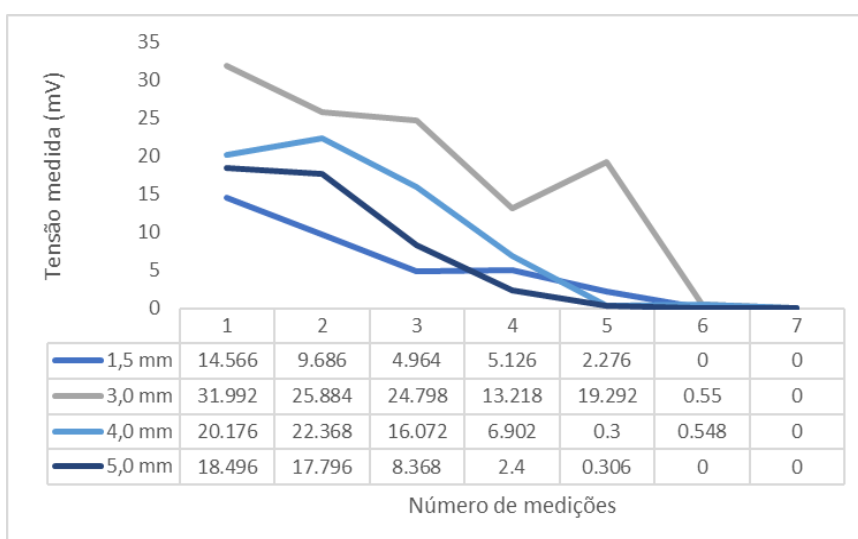


FIGURA 7: Gráfico da curva de decaimento da tensão (mV) nas parcelas ocasionada pelo corte do caule da planta. (Gráfico da tensão pelo número de medições até que a tensão na folha obtivesse resultado nulo).

A captação do sensor e dados obtidos foram testados pelo teste de Tukey a 5% utilizando o programa SISVAR (FERREIRA 2011) e obtiveram coeficiente de variação de 19,94%. É considerado um coeficiente considerado médio (PIMENTEL-GOMES 1990), existem inúmeras variáveis para que as medições fossem consideradas altamente precisas, como a relação quantitativa de diferentes nutrientes dentro destas e se isso interfere de formas significativas para a diferença encontrada nas medições. Contudo quanto a capacidade de captação do sensor foi constatado um resultado positivo.

CONCLUSÕES: O sensor proposto se mostrou por meio de testes, uma alternativa de baixo custo para implantação de monitoramento da tensão foliar, oferecendo suporte na aplicação de água nas quantidades corretas.

REFERÊNCIAS:

BEZERRA, A.A.C.; Távora, F.J.A.F.; Freire Filho, F.R.; Ribeiro, V.Q. 2008. **Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, 8: 85-92.

CORREIA, S. 2014. **Teoria da tensão-coesão-adesão** Revista de Ciência Elementar, 2(01):0036

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Feijão Caupi.** 2010.

MEDER, Fabian; MUST, Indrek; SADEGHI, Ali; MONDINI, Alessio; FILIPPESCHI, Carlo; BECCAI, Lucia; MATTOLI, Virgilio Mattoli; PINGUE, Pasqualantonio; MAZZOLAI, Barbara. Energy Conversion at the Cuticle of Living Plants. **Advanced Functional Materials**, v. 28 (51), 19 dez. 2018, p.n/a.

NEVES, A. C. et.al. **Cultivo do Feijão Caupi.** Sistemas de Produção Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: **A computer statistical analysis system.** Ciência Agrotecnologia, 35(6), p.1039-1042, 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **O índice de variação: um substituto vantajoso do coeficiente de variação.** Piracicaba: Ipef, 1991. 4p. (Circular técnica, 178), 1990.

RESENDE, M., ALBUQUERQUE, P.E.P. **Métodos e Estratégias de Manejo de Irrigação.** EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sete Lagoas, 2002.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Água e Emprego fatos e números. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos.** 2016.