

## VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DAS DEMANDAS HÍDRICAS EM SISTEMAS DIVERSIFICADOS DE PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO DO SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA

PINTO, M.F.<sup>1</sup>; QUEIROZ, B. R.<sup>2</sup>; SILVA, L. O.<sup>3</sup>; ALVES, D. G.<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia - BR465, km7 – CEP 80035 050 Seropédica RJ.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rural do Rio de Janeiro, Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental- BR465, km7 – CEP 80035 050 Seropédica RJ.

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo - BR465, km7 – CEP 80035 050 Seropédica RJ.

### RESUMO

Nos sistemas agrícolas diversificados ocorre a integração de múltiplas culturas em uma mesma área, sendo comum o uso de sistema de irrigação que aplica água uniformemente em toda a extensão. Porém cada cultura possui necessidades específicas de água. Isso significa que, mesmo sob uma mesma lâmina de irrigação, cada cultura apresenta demandas particulares em relação à quantidade de água requerida para um desenvolvimento ótimo. O objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade espacial e temporal das demandas hídricas de um sistema diversificado de produção de olerícolas no sistema integrado de produção agroecológica. O sistema de cultivo diversificado é composto por 10 espécies de culturas diferentes dispostos em 31 canteiros, numa rotatividade de 3 ciclos no período de abril a outubro de 2018. Foram calculados valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>), evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) e a lâmina de irrigação para o grau de adequação de 50, 80 e 100%. De acordo com os resultados obtidos, foi verificada elevada variabilidade espacial e temporal das demandas hídricas no sistema de cultivo avaliado, o que dificulta a definição da lâmina de irrigação a ser aplicada por sistemas de irrigação convencionais, uma vez que a variabilidade impõe perdas excessivas de água ou perdas de produtividade. Com base nos resultados, conclui-se que é necessário um sistema de irrigação com taxa variável de irrigação para esse tipo de sistema de cultivo.

**Palavras-chave:** manejo da irrigação; microirrigação; grau de adequação.

### INTRODUÇÃO

Um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento de qualquer espécie é a água, cuja falta caracteriza uma das principais restrições ao crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais cultivadas. Para atender à demanda mundial de alimentos, a agricultura irrigada, pode contribuir de forma importante, uma vez que pode evitar perdas ou aumentar a produção (Santos & Carlesso, 1998).

Embora a agricultura irrigada esteja, geralmente, associada a um elevado nível tecnológico, é consenso que a irrigação no Brasil é ainda praticada de forma inadequada, com grande desperdício de água (Mantovani et al., 2006; Marouelli et al., 2008c). Estima-se que, de toda a água captada para fins de irrigação, não mais que 50% sejam efetivamente utilizados

pelas plantas (Christofidis, 2004). Para Marouelli e Guimarães (2006), o conhecimento antecipado da data das irrigações, predefinindo turnos de rega para cada estágio da cultura, possibilita que as práticas culturais e outras atividades na propriedade possam ser antecipadamente planejadas. Sobretudo para produtores de hortaliças, como alface, beralha e cenoura, é desejável manejar a irrigação a partir de turnos de rega prefixados, visto que as irrigações e os tratamentos fitossanitários são relativamente frequentes, havendo necessidade de planejar as diversas práticas culturais entre os eventos de irrigação.

O monitoramento da qualidade da irrigação, bem como o acompanhamento da dinâmica dos cultivos, é de grande importância para a eficiência da irrigação (Ribeiro et al., 2017). Na agricultura irrigada, deve-se estabelecer uma atenção ao manejo da água, estimando de modo preciso as necessidades hídricas da cultura, de forma que não ocorra excesso ou déficit, assim como a definição do momento mais adequado para proceder à irrigação, visando, desta forma, elevar ao máximo a eficiência do uso da água (Azevedo et al., 2014). Nesse sentido, a determinação da evapotranspiração e o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) são de grande valia para determinar a demanda hídrica (Antunes, 2000).

O manejo de irrigação pode contribuir para a melhoria da qualidade do produto e o aumento da produtividade, ao mesmo tempo em que se almeja reduzir os custos associados ao consumo de energia elétrica e água. Adicionalmente, pode ainda mitigar as condições propícias à ocorrência de doenças e pragas nas culturas (Cunha, 2019). Embora as técnicas de manejo da irrigação sejam bem consolidadas, ainda é um grande desafio no campo, especialmente em sistemas de cultivos diversificados, cuja complexidade pode proporcionar elevada variabilidade espacial e temporal das demandas hídricas das culturas. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade espacial e temporal das demandas hídricas de um sistema diversificado de produção de olerícolas no sistema integrado de produção agroecológica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sistema diversificado de produção é o módulo orgânico presente no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), também conhecido como “Fazendinha Agroecológica Km 47” pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa – Agrobiologia e Solos), à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro/Rio) (Neves et al., 2015). O Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, que tem sido utilizado como espaço didático-pedagógico para avaliar a sustentabilidade de um sistema orgânico em longo prazo, replicando um modelo de propriedade agrícola de pequena escala, que não apresenta produção animal vinculada à produção vegetal. As práticas de produção empregadas no manejo do módulo seguem as tecnologias de base agroecológica desenvolvidas ao longo de seus 30 anos de pesquisas.

Para o estudo da dinâmica do consumo hídrico do sistema de cultivo, avaliou-se os dados apresentados por Silva (2019), que avaliou o desempenho agrônomo das culturas na área (Tabela 1), entre abril e setembro de 2018. Para a obtenção dos dados necessários para realizar a análise de demanda hídrica das culturas cultivadas, foi utilizado o boletim FAO 56, cujos valores de coeficiente de cultura ( $K_c$ ) e o tempo de cada fase de desenvolvimento das culturas, como inicial, secundário ou de desenvolvimento vegetativo, intermediário ou de produção e final ou de maturação, foram adaptados conforme os dados apresentados por Silva (2019).

Tabela 1 – Cultivos com seus respectivos tempos de duração de fase de desenvolvimento em dias e Kc inicial e intermediário.

Cultura	Inicial	Secundário	Intermediário	Final	Duração do ciclo	Kc inicial	Kc intermediário
Alface-americana	13	19	9	6	47	0,7	1
Alface-americana	14	22	11	7	54	0,7	1
Alface-crespa	13	19	9	6	47	0,7	1
Alface-crespa vermelha	13	19	9	6	47	0,7	1
Alface-lisa	13	19	9	6	47	0,7	1
Alface-lisa	14	22	11	7	54	0,7	1
Bertalha	11	16	8	5	40	0,7	1
Cenoura	18	24	35	12	89	0,7	1,05
Chicória	13	19	9	6	47	0,7	1
Chicória	9	13	7	4	33	0,7	1
Pepino	13	19	26	10	68	0,6	1
Pepino	17	25	34	13	89	0,6	1
Rabanete	18	24	35	12	89	0,7	0,9
Vagem Alessa	14	20	20	7	61	0,5	1,05

No presente estudo, para o Kc inicial e intermediário, que correspondem respectivamente o estágio inicial e durante a fase de produção, foram utilizados os valores específicos fornecidos pela FAO 56 para cada cultura em análise conforme mostra na Tabela 4. Já para a segunda e quarta fase, este fator foi determinado pela curva de Kc, conforme as Equações 1 e 2.

$$Kc_2 = Kc_1 + \left( \frac{Kc_3 - Kc_1}{\text{duração}_{\text{fase}} + 1} \right) \times i \quad (1)$$

$$Kc_4 = Kc_3 + \left( \frac{Kc_4 - Kc_3}{\text{duração}_{\text{fase}}} \right) \times i \quad (2)$$

em que:

$Kc_1$  – Coeficiente de cultura na fase inicial;

$Kc_2$  – Coeficiente de cultura na fase secundária;  
 $Kc_3$  – Coeficiente de cultura na fase intermediária;  
 $Kc_4$  – Coeficiente de cultura na fase final;  
 $\text{duração}_{\text{fase}}$  – Tempo de duração da fase secundária, dias;  
 $i$  – Dia do ciclo.

O valor da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi determinado utilizando o método de Penman-Monteith, conforme estabelecido pelo padrão da FAO 56, determinados com base nos dados meteorológicos disponibilizados no site do INMET para a estação de Seropédica/RJ, correspondentes ao ano de 2018.

Para a determinação da lâmina diária de irrigação, considerou-se três cenários com grau de adequação de 50, 80 e 100%. A lâmina para o grau de adequação de 50 % foi determinada por meio da média entre as Etc das culturas e para o grau de adequação de 100% considerou-se a lâmina máxima consumida. Para o grau de adequação de 80%, as lâminas consumidas foram ordenadas da maior para a menor lâmina, sendo identificado a lâmina que garante que aproximadamente 80% da área receba lâmina igual ou superior a lâmina requerida. Esse procedimento foi efetuado para cada dia de irrigação ao longo do período avaliado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os dados de duração do ciclo de cada cultura no período de maio a setembro de 2018. A cultura de Alface-romana teve menor presença, enquanto a Alface-crespa foi a mais frequente, envolvendo a rotação dos 10 cultivos e os três ciclos para cada canteiro. Pode-se verificar a diversidade de culturas e fases de desenvolvimentos ao longo dos ciclos, bem como elevada dinâmica. Cabe destacar que os dados estão apresentados de forma cumulativa para facilitar a visualização.

Na Figura 2 estão apresentados os valores de Kc associados aos respectivos períodos de ciclo. É importante observar a considerável diversidade entre esses períodos, onde o menor tempo de ciclo é de 33 dias (Chicória) e o maior é quase três vezes esse valor, totalizando 89 dias. Os valores de Kc variaram de 0,5 a 1,05, correspondentes as fase inicial e reprodutiva.

Na Figura 3 está apresentada a variabilidade temporal da evapotranspiração da cultura para o canteiro 2. Os dados dos demias canteiros não estão apresentados individualmente devido ao elevado número de dados. É importante mencionar que, devido à rotatividade dos canteiros, cada um deles recebe três ciclos intercalados com um período de 2 dias entre si, o que explica a presença dos pontos com valores de ET<sub>c</sub> igual a zero na curva. Além disso, os cultivos realizados nesse canteiro são Bertalha, Alface-crespa e Chicória, evidenciando que, embora essas culturas possuam o mesmo valor de Kc atribuído, a diversidade entre elas ocorre devido aos diferentes dias de ciclo e estágio de desenvolvimento das plantas, resultando em coeficientes de culturas distintos.

Na Figura 4 apresenta-se os valores das lâminas de irrigação diárias para os graus de adequação de 50, 80 e 100%. Cabe destacar que a lâmina está apresentada de forma cumulativa em cada dia para cada um desses cenários, visando melhor visualização. Por exemplo, no dia 20 de julho de 2018, os valores de lâmina para os graus de adequação 50, 80 e 100% são, respectivamente, 3,68, 4,09 e 4,41, cujo valor acumulado é de 12,18. A diferença entre a lâmina máxima e média pra esse dia corresponde a 20% da lâmina média, o que demonstra a variabilidade espacial das culturas.

Para os valores máximos e mínimos destacados, observa-se que esse comportamento é influenciado pela ETo, que exibe valores reduzidos para os pontos mínimos e valores elevados para os pontos máximos. Os valores da evapotranspiração de referência para o dia 08 de maio e 31 de julho são, 1,14 e 0,86, já para os dias 1 e 26 de setembro são 5,68 e 6,90, respectivamente.

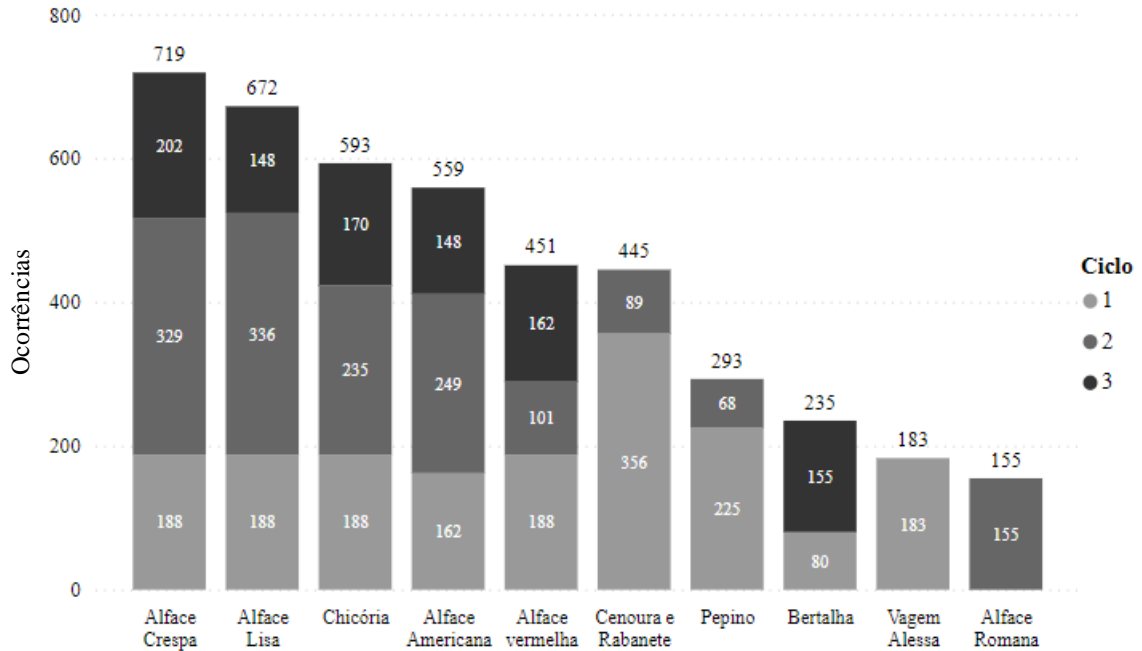


Figura 1 – Dias de cada cultura ao longo do período.

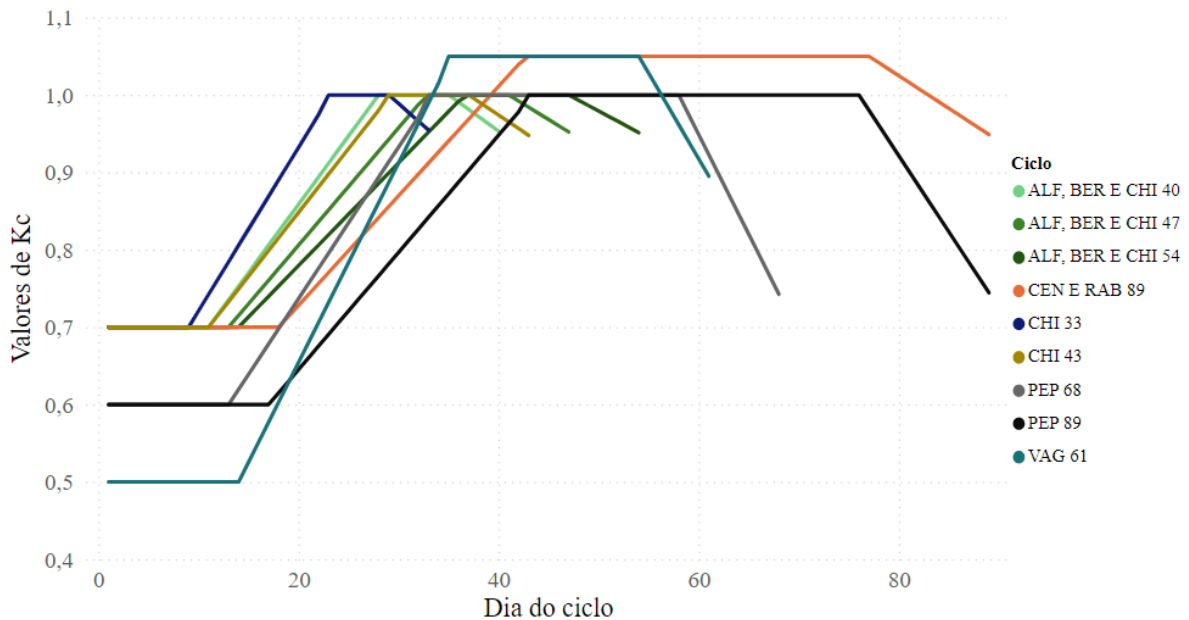


Figura 2 – Curvas de Kc das culturas cultivadas da área avaliada. ALF: alface; BER: beterraba; CHI: chicória; CEN: cenoura; RAB: rabanete; PEP: pepino; VAG: vagem. O número representam a duração do ciclo em dias.



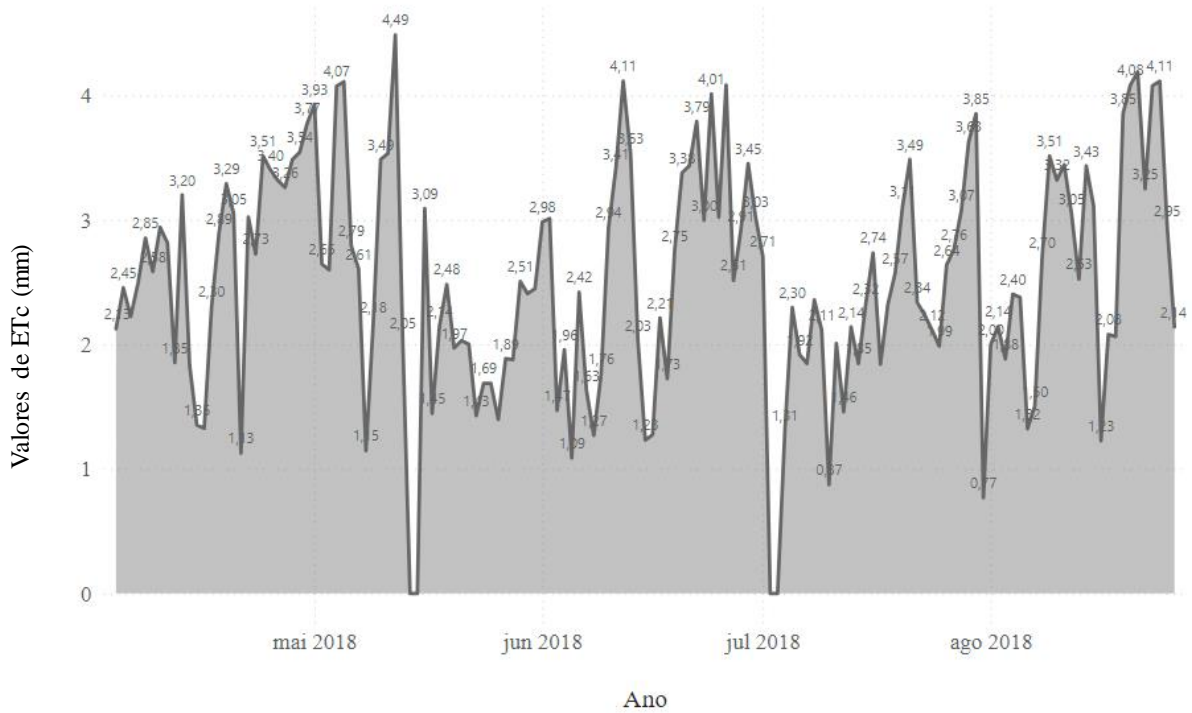


Figura 3 – Valores de ETc para o canteiro número 2 ao longo dos três ciclos de cultivos.

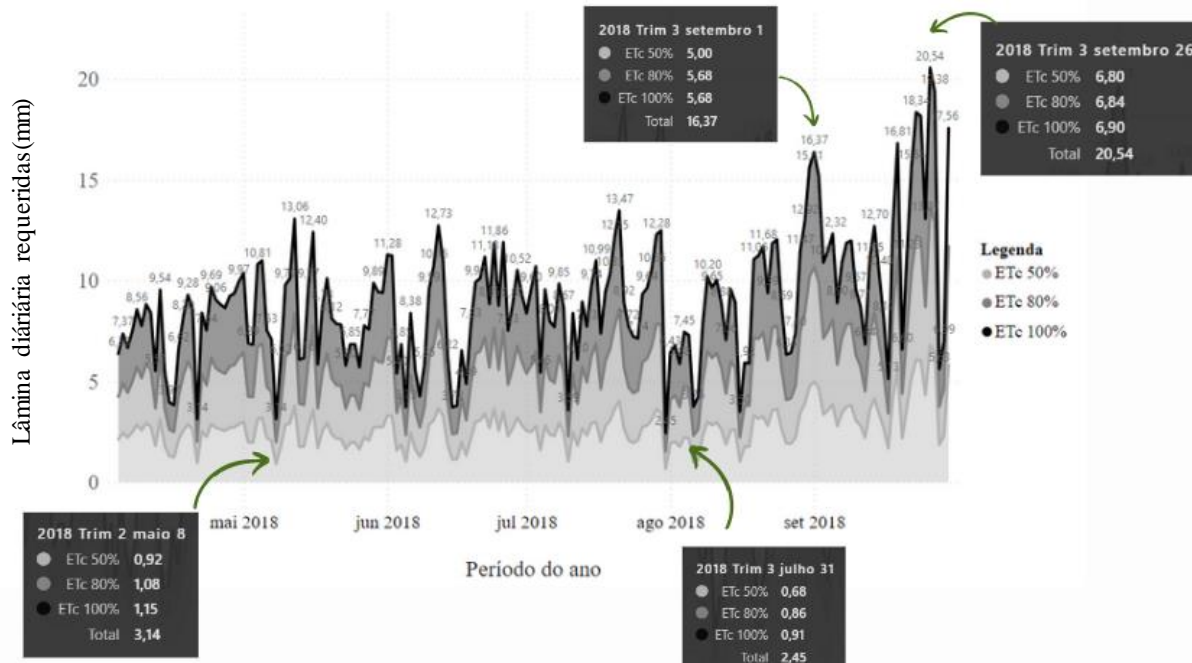


Figura 4 – Curva de lâminas diária de irrigação acumulativa (mm) para os graus de adequação de 50, 80 e 100%.

A análise dos dias e canteiros nos quais ocorreu déficit de água, utilizando os respectivos valores de 50%, 80% e 100% de grau de adequação, para os 180 dias e os 31 canteiros analisados os resultados estão apresentados na Tabela 2. Os resultados obtidos reforçam a

constatação de que, ao adotar a média como parâmetro, o déficit de água é maior em comparação ao uso do valor máximo diário. Por outro lado o uso do valor máximo proporciona perdas excessivas de água, reduzindo a eficiência de aplicação.

Tabela 2 – Porcentagem de déficit de água para os cenários na análise.

Grau de adequação (%)	Ocorrências de déficit	Percentual
50	2429	55%
80	671	15%
100	0	0%

As diferenças entre os cenários com grau de adequação de 50, 80 e 100%, demonstra que a diversidade de culturas presentes na área irrigada, proporciona elevada variabilidade espacial do consumo hídrico, o que dificulta o manejo da irrigação, uma vez que o sistema de irrigação instalado não permite a aplicação de água a taxa variada. Isso condiciona que as estratégias convencionais de manejo da irrigação sejam falhas para sistemas de cultivos diversificados.

## CONCLUSÕES

Frente ao objetivo de analisar a variabilidade espacial e temporal das demandas hídricas de um sistema diversificado de produção olerícolas, o presente estudo concluiu que o sistema de cultivo diversificado apresentou elevada variabilidade espacial e temporal das demandas hídricas, demandando um sistema de irrigação à taxa variada.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, B. M.; SOUSA, G. G.; PAIVA, T. F. P.; MESQUITA, B. R.; VIANA, T.V. A.; Manejo da irrigação na cultura do amendoim. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 11 - 18, 2014.
- CHRISTOFIDIS, D. Como obter a sustentabilidade dos recursos hídricos na agricultura irrigada? **Irrigação & Tecnologia Moderna**, v. 64, p. 30-31, 2004.
- CUNHA, M. M. **Desenvolvimento de um sistema embarcado para realização de manejo de irrigação**. Tese (Pós-graduação em desenvolvimento e meio ambiente), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 148p. 2019.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.
- MAROUELLI, W. A.; GUIMARÃES, T. G. Irrigação na cultura da batata. Itapetininga: Associação Brasileira da Batata: **Embrapa Hortaliças**, 2006. 66 p.
- NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R.; RIBEIRO, R. L. D. R.; ALMEIDA, D. L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazenda Agroecológica Km 47. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia; Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. 148-172p.

RIBEIRO, R. B.; FILGUEIRAS, R.; RAMOS, M.C.A.; ALMEIDA, L.; GENEROSO, T.M.et al. Variabilidade espaço-temporal da condição da vegetação na agricultura irrigada por meio de imagens sentinel. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.6, p. 1884 – 1893,. 2017.

SANTOS, R. F.; CARLESSO R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.287-294, 1998.

SILVA, L. de O. **Desempenho agroeconômico de um módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças com foco no balanço de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 64 p. 2019.