

## XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **CONSUMO HÍDRICO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO MILHO IRRIGADO COM DIFERENTES DILUIÇÕES DE ÁGUA RESIDUÁRIA**

*Kátia Elisabete Silva Ribeiro*<sup>1</sup>; *Célia Silva dos Santos*<sup>2</sup>; *Abelardo Antônio de Assunção Montenegro*<sup>3</sup> & *José Amilton Santos Junior*<sup>4</sup>

**RESUMO** – O emprego de água residuária como fonte alternativa associado com manejo adequado de irrigação é de suma importância pela sua contribuição econômica e sustentável. Nesse contexto, objetivou-se determinar os coeficientes de cultura, evapotranspiração da cultura e de referência do milho irrigado com diluições de água residuária em solo representativo da bacia do Rio Ipojuca-PE.. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE-Recife. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com cinco repetições e cinco tratamentos: T1 – água de abastecimento; T2 – água residuária; T3, T4, T5, proporções de água residuária e abastecimento (75-25%; 50-50% e 25-75%, respectivamente. A ET<sub>c</sub> foi contabilizada a cada dois dias. A ET<sub>o</sub> foi estimada por evaporímetro de Piché. A partir da razão entre a ET<sub>c</sub>/ET<sub>o</sub> obteve-se o K<sub>c</sub> para os diferentes períodos ao longo do ciclo da cultura. Verifica-se que o reuso possibilitou maior desenvolvimento do cultivo, quando comparado à água de abastecimento. Este estudo aponta para o potencial do reuso de esgoto pré-tratado e diluído como alternativa potencialmente adequada para irrigação, de forma a mitigar os impactos da escassez hídrica e do aumento da demanda por alimentos.

**Palavras-Chave** – coeficiente de cultura, necessidade hídrica, *Zea mays* L.

### **WATER CONSUMPTION AND EVAPOTRANSPIRATION OF CORN IRRIGATED WITH DIFFERENT DILUTIONS OF WASTEWATER RESIDUE**

**ABSTRACT** – The use of wastewater as an alternative source associated with adequate irrigation management is of paramount importance for its economic and sustainable contribution. In this context, the objective was to determine the crop coefficients, crop evapotranspiration and reference of irrigated maize with dilutions of wastewater in soil representative of the Ipojuca-PE River basin. The experiment was conducted in a greenhouse in the experimental area of the Campus of the Federal Rural University of Pernambuco-UFRPE-Recife. The experimental design was completely randomized blocks, with five replicates and five treatments: T1 - water supply; T2 - wastewater; (Table 2), and the coefficients of the ET<sub>c</sub> were estimated by means of the Piché evaporimeter, from the Piché evaporimeter. of the ratio between ET<sub>c</sub> / ET<sub>o</sub> the K<sub>c</sub> was obtained for the different periods along the crop cycle. It was verified that the reuse made possible a greater development of the crop

1) <sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, 52171-900, Recife-PE. Brasil, (81) 987165969, [katiabete2008@hotmail.com](mailto:katiabete2008@hotmail.com).

1) <sup>2</sup>Doutoranda em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, 52171-900, Recife-PE. Brasil, (81) 998758815, [celia@agro.eng.br](mailto:celia@agro.eng.br)

3) <sup>3</sup>Doutor em Recursos Hídricos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, 52171-900, Recife-PE. Brasil, (81) 981725157, [montenegro.ufrpe@gmail.com](mailto:montenegro.ufrpe@gmail.com)

4) <sup>4</sup>Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Agrícola, 81 – 997244063, [eng.amiltonjr@hotmail.com](mailto:eng.amiltonjr@hotmail.com)

when compared to the water supply. This study points to the potential of reuse of pretreated and diluted sewage as a potentially adequate alternative for irrigation, in order to mitigate the impacts of water scarcity and increased demand for food.

**Keywords** - crop coefficient, water requirement, *Zea mays* L.

## INTRODUÇÃO

Com origem indígena caribenha, o milho foi alimentação básica de civilizações importantes. Os Olmecas, Incas, Astecas e Maias o reverenciavam na arte e na religião. Atualmente o Brasil é o 3º maior produtor de milho no mundo, com uma produção de 17,6 milhões de ha na safra 2016/2017 (CONAB, 2018). A temporada 2014/2015 teve um aumento 84,7 milhões de toneladas (CONAB 2015). O consumo interno é 66,7% da produção e a exportação atual de 18 milhões de toneladas deve aumentar para 24,74 milhões de toneladas em 2022/2023 (BRASIL, 2013). O milho é uma cultura bastante exigente em água, entretanto pode ser cultivado em regiões com baixos índices de precipitação (EMBRAPA, 2018).

A irrigação possibilita suprir a deficiência total ou parcial da água dos cultivos. No Brasil, o consumo hídrico para a irrigação é de 969 m<sup>3</sup>/s (Agência Nacional de Água- ANA, 2018). Com o crescimento populacional em valores exponenciais, tem-se um aumento abrupto na necessidade de alimentos, por conseguinte é preciso uma utilização consciente desse recurso na irrigação a fim de garantir sua utilização por um maior período de tempo posto que, esta prática é o uso que mais consome água nacionalmente e no mundo.

A utilização de águas residuárias para irrigação é alvo de estudos como fonte alternativa para agricultura e vem sendo utilizada em vários países, por exemplo em Israel, que tem nível de precipitação inferior ao semiárido brasileiro. Este processo além de mitigar a escassez hídrica soluciona o problema com a destinação desse resíduo que, conforme resolução CONAMA 357/05, requer tratamento para ser devolvido aos corpos hídricos. Além disso, têm-se a economia com fertilizantes devido ao aporte nutricional do reuso. Dessa forma, o reuso é capaz de garantir uma atividade econômica e social sustentável.

Sendo assim, para que as águas residuárias possam ser utilizadas na agricultura irrigada, é necessário adotar um manejo que considere a informação precisa de alguns parâmetros básicos, sendo eles: a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) (Chaves et al., 2005; Santos et al., 2017).

Nesse contexto, objetivou-se determinar os coeficientes de cultura, evapotranspiração da cultura e evapotranspiração de referência do milho irrigado com diluições de água residuária em solo representativo da bacia do Rio Ipojuca-PE.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições de casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, campus Recife, sob as seguintes coordenadas geográficas: 08° 01' 09,81'' S e 34° 56' 52,55'' W, e altitude de 6,5 m de acordo com o sistema SAD 69 (South American Datum) (Figura 1).

O clima da região segundo Köppen é classificado como tropical chuvoso (tipo As' a Ams') com temperatura média anual de 27 °C e precipitação anual acima de 1700 mm (Silva et al., 2012), sendo que a concentração de chuvas ocorre entre o outono e o inverno entre os meses de abril e julho, com sua média pluviométrica mensal no valor de 248,2 mm. A evapotranspiração média estimada para a região está entre 1.000 mm ano<sup>-1</sup> e 1.600 mm ano<sup>-1</sup> (Barros, 2011).

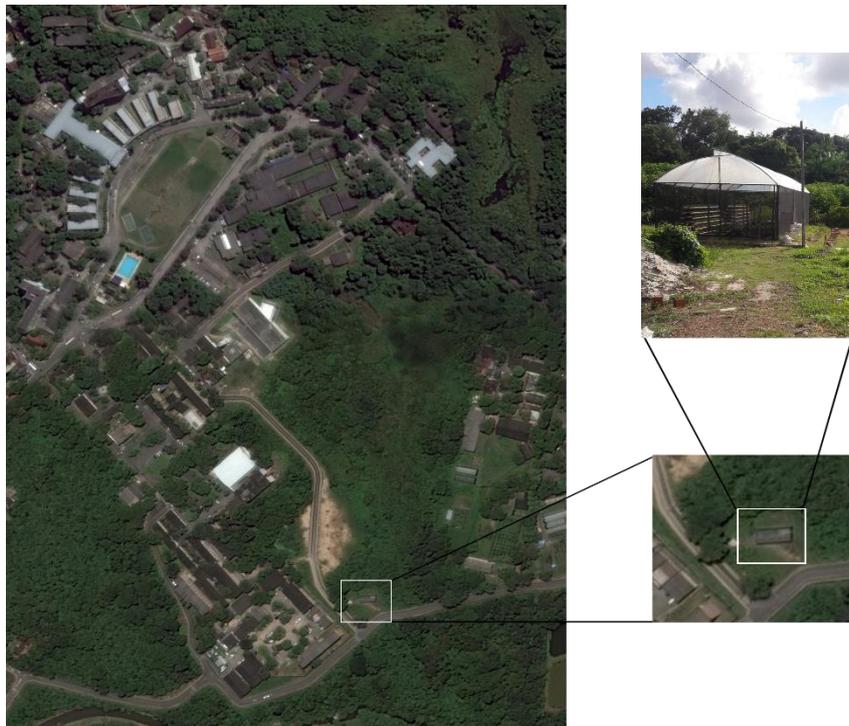


Figura 1 - Localização da casa de vegetação-UFRPE

A área experimental foi composta por 50 vasos plásticos com capacidade de 15 L, diâmetro externo na borda superior 0,25 m e altura externa de 0,30 m.

Para preenchimento interno dos vasos foi colocada uma camada de 3 cm de brita nº1 em cada vaso, a fim de encobrir o dreno e facilitar a drenagem. Após o preenchimento com brita foi adicionado sobre a mesma manta geotêxtil, como elemento filtrante, para evitar a passagem de partículas de solo para a camada inferior. Após a instalação da manta geotêxtil, os sistemas foram preenchidos com 15 kg de solo seco, por fim sendo alocado em tijolos afim de nivelar na área experimental.

O sistema de drenagem, instalado na parte inferior de cada vaso, era constituído de um conector de 16 mm adaptado a uma mangueira plástica transparente, direcionando o efluente drenado a uma garrafa PET de 1,5 L, para coleta da solução drenada.

O solo da área experimental é classificado como Planossolo Háptico Sílico Sódico Hipereutrófico, de textura predominantemente franco arenosa, conforme EMBRAPA (2013), representativo da Bacia do Rio Ipojuca. Amostras desse material foram analisadas e seus atributos físico-químicos foram determinados (Tabela 1).

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo representativo da Bacia do Rio Ipojuca

Amostra de solo	Areia %	Argila %	Silte %	Ds -g cm <sup>-3</sup> -	Dp -g cm <sup>-3</sup> -	P %	CC %	PMP %	Classe Textural
	78,9	16,05	5,05	1,43	2,69	46,84	9,6	4,58	Areia Franca
pH (água)	Ca	Mg	Al	Na	K	P	C.O	M.O	H+Al
01:2,5	—cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —				mg dm <sup>-3</sup>		—g kg <sup>-1</sup> —		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
7,4	5,1	1,14	0	0,24	0,57	382	7,63	13,16	3,11

Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partícula; CC: Capacidade de campo e PMP: Ponto de murcha permanente

O efluente líquido tratado foi proveniente da Estação de Tratamento de Reuso e Manejo Hidroagrícola, localizada no Distrito de Mutuca, município de Pesqueira-PE. O efluente líquido tratado foi armazenado em uma caixa de água de 3000 L e diluído com o auxílio de outros 3 reservatórios de água de 100 L, de forma a implementar os tratamentos T3, T4 e T5, e o tratamento T2 100% de água residuária. Para o tratamento T1 foi utilizado um reservatório de 100 L com água de abastecimento local proveniente de poço.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com esquema fatorial (5 x 5), totalizando 25 unidades experimentais. Os tratamentos foram compostos por 03 níveis de diluição de água residuária com água de abastecimento nas porcentagens de: T3 - 75% AR mais 25% de água de abastecimento (AB); T4 - 50% AR mais 50% AB; T5 - 25% (AR mais 75% AB) e T2 - 100% da água de esgoto doméstico tratado (ET) e uma testemunha absoluta T1 (1) - 100% da água de abastecimento + adubação química (AB), avaliado até os 65 dias após a semeadura (DAS), durante um ciclo da cultura do milho.

A semeadura do milho foi realizada manualmente a 5 cm de profundidade, usando-se 5 sementes/vaso, logo após foi realizado o desbaste, restando apenas 1 planta/vaso. Utilizou-se a cultivar BR 5026 do IPA (São José). A cultivar foi semeada no espaçamento de 0,7 m entre linhas e 0,30 m entre plantas. Para suprir as necessidades nutricionais da cultura foi realizada adubação segundo o Manual de Recomendação de Adubação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (Cavalcanti, 2008).

O manejo de irrigação foi baseado na pesagem direta dos vasos, sendo as lâminas aplicadas manualmente. As irrigações foram realizadas a cada dois dias ao final da tarde, e cada tratamento aplicado com volume de irrigação próprio, corrigido a cada irrigação em função do percentual de pesagem do dia com a irrigação dia anterior.

A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) no interior da casa de vegetação foi medida no evaporímetro de Piche ( $ET_{pi}$ ), calculada por diferença do nível de água no tubo graduado em milímetros entre dias subsequentes, segundo Villa-Nova e Ometto (1981).

A  $ET_c$  foi obtida através de medidas diretas no sistema lisimétrico de acordo com (Aboukhaled et al., 1982) que estabelece a seguinte Eq. 1:

$$ET_c = (P + I - D) / A \quad (1)$$

Em que:  $ET_c$ : evapotranspiração da cultura (mm); P: precipitação pluviométrica (mm); I: lâmina de água aplica por irrigação (mm); D: água drenada do lisímetro (mm); A: área do lisímetro ( $m^2$ ).

A razão entre  $ET_c$  e a  $ET_o$  é denominado coeficiente da cultura ( $K_c$ ), que foi determinado segundo a Eq. 2:

$$K_c = \frac{ET_c}{(ET_o)} \quad (2)$$

Em que:  $K_c$ : coeficiente da cultura (adimensional);  $ET_c$ : evapotranspiração da cultura ( $mm \text{ dia}^{-1}$ );  $ET_o$ : evapotranspiração de referência ( $mm \text{ dia}^{-1}$ ).

O ciclo da cultura do milho segundo Doorenbos & Pruitt (1977) compreende as seguintes fases fenológicas:

- I) Estádio I – (0 a 14 dias);
- II) Estádio II – (14 a 30 dias);
- III) Estádio III – (30 a 49 dias);
- IV) Estádio IV – (49 a 63 dias).

Verificado efeito significativo na análise de variância, os dados obtidos nos diferentes tratamentos de natureza qualitativa foram comparados através do teste de Tukey em nível de 0,05 e 0,10 de probabilidade utilizando-se, para isto, o software para análise estatística SISVAR (Ferreira, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

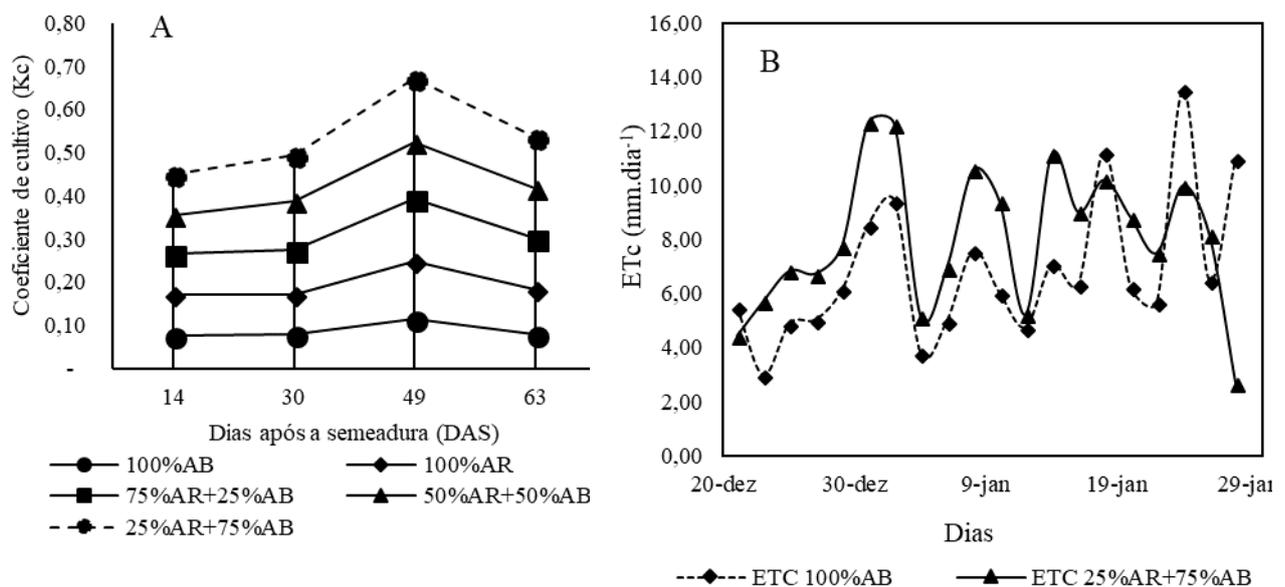
Observa-se que os valores de  $K_c$  do milho apresentaram variações entre todos os tratamentos aplicados, sendo obtido valores médios correspondentes a 0,74, 0,77, 1,14 e 0,99 para 100% AB, 0,96, XIV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste

0,94, 1,33, 1,12 para 100%AR, 0,94, 1,04, 1,46 e 1,19 para 75%AR+25%AB, 0,91, 1,12, 1,31 e 1,15 para 50%AR+50%AB e 0,95, 1,07, 1,49, 1,19 para 25%AR+75%AB (Figura 2A).

Dentre os tratamentos avaliados, percebe-se que o tratamento 25%AR+75%AB foi o que apresentou maiores valores em relação à testemunha 100%AB ao nível de ( $p < 0,05$ ) durante todo período avaliado. Segundo Souza (2003), variações na taxa de evapotranspiração diária durante a mesma fase fenológica podem ser decorrentes das condições meteorológicas locais e da duração da referida fase.

Na Figura 2B nota-se que os dados da  $ET_c$  é bastante variável ao longo do seu ciclo reprodutivo, com valores mínimos de  $2,95 \text{ mm dia}^{-1}$  para o tratamento testemunha 100%AB e  $2,67 \text{ mm dia}^{-1}$  para o tratamento 25%AR+75%AB no início da Fase I e valores máximos de  $13,53 \text{ mm dia}^{-1}$  para o tratamento 100%AB e  $12,34 \text{ mm dia}^{-1}$  para 25%AR+75%AB no início e final da Fase II onde há uma maior exigência da cultura, obtendo valores médios de 6,85 para testemunha 100%AB e 8,04 para o tratamento 25%AR+75%AB.

Segundo Blanc et al. (2008) verificaram que o aumento da  $ET_c$ , decorrente da elevação da demanda evaporativa da atmosfera, dentre outros fatores, é causado pelo aumento da radiação solar global, a qual tem forte influência.



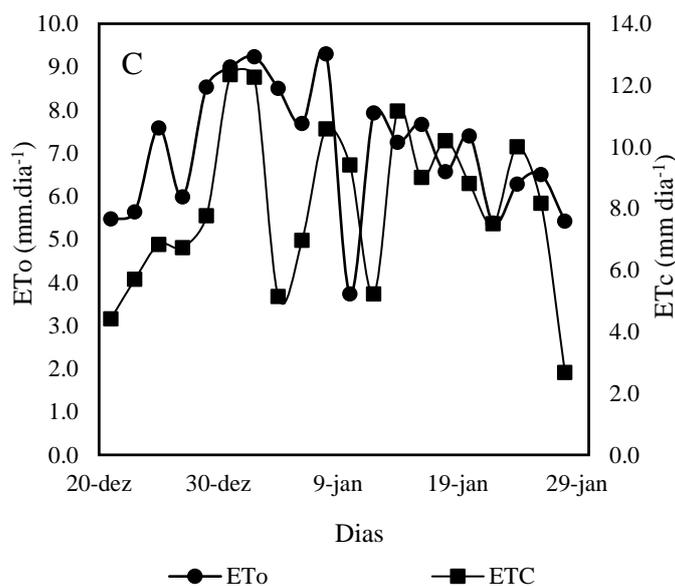


Figura 2 – Coeficiente de cultura (A), evapotranspiração da cultura (B) e evapotranspiração de referência versus evapotranspiração da cultura (C), irrigado com diluições de água residuária.

Observa-se na (Figura 2C) que até os primeiros 14 DAS, a ETc se manteve menor que a ETo, devido à área foliar da cultura ainda não estar totalmente desenvolvida. Após 14 DAS, a ETc passa a superar a ETo, evidenciando que o processo da transpiração passou a ser preponderante ao da evaporação para a composição da ETc.

Durante a fase final do ciclo da cultura do milho, a ETc decresce, o que se justifica pelo início do processo de amarelecimento ou senescência das folhas do milho, ocasionando uma baixa ETc. A ETc apresentou valor acumulado de 160,88 mm para uma ETo de 141,04 mm, durante todo período de estudo.

## CONCLUSÃO

O tratamento 25%AR+75%AB apresentou maior demanda de evapotranspiração da cultura e maiores valores de coeficiente de cultivo em relação ao tratamento 100%AB.

A evapotranspiração da cultura (ETc) do milho apresentou uma demanda acumulada de 160,88 mm, para uma evapotranspiração de referência acumulada de 141,04 mm.

Assim, verifica-se que o reuso possibilitou maior desenvolvimento do cultivo, quando comparado à água de abastecimento.

Este estudo aponta para o potencial do reuso de esgoto pré-tratado e diluído como alternativa potencialmente adequada para irrigação, de forma a mitigar os impactos da escassez hídrica e do aumento da demanda por alimentos.

## REFERÊNCIAS

- ANA-AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- Irrigação - Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usos-da-agua/irrigacao>> . Acesso em 04 de julho de 2018.
- ARAÚJO, M. S. P.; SOUZA, E. F.; PEREIRA, V. R.; FERREIRA, F. H. A.; CARVALHO, D. F. (2017). “*Evapotranspiration and crop coefficients of corn in monoculture and intercropped with jack bean*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 1, pp.27-31.
- BLANC, E.; QUIRION, P.; STROBL, E. (2008). “*The climatic determinants of cotton yields: evidence from a plot in West Africa. Agricultural and Forest Meteorology*”. v.148, p.1093-1100.
- BARROS, A. H. C. (2011) Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento: Território Mata Sul Pernambucana - Clima. Disponível: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_mata\\_sul\\_pernambucana/arvore/CO NT000fbz2zztdp02wx5eo0sapwqe3h68i5n4.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CO NT000fbz2zztdp02wx5eo0sapwqe3h68i5n4.html)>. Acesso em: 04/07/2018.
- BARROS, M. DE F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. V. H.; RUIZ, H. A. (2005) *Aplicação de gesso e calcário na recuperação de solos salino-sódicos do estado de Pernambuco*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p. 320-326.
- CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, C. M. S.; ALMEIDA, H. A. (2018). “*Comparação mensal, sazonal e anual de métodos de estimativas da evapotranspiração de referência para Juazeiro-BA e Petrolina-PE*”. Revista de Geociências do Nordeste; 1, p. 23-42.
- CARVALHO, R. S.; SANTOS FILHO, J. S.; SANTANA, L. O. G.; GOMES, D. A.; MENDONÇA, L. C.; FACCIOLI, G. G. (2013). “*Influência do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal*”. Ambi Agua., v.8, n.2,p. 157-167. <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.1116>).
- CHAVES, S. W. P., AZEVEDO, B. M., BEZERRA, F. M. L., MORAIS, N. B., VIANA, T. V. A., MEDEIROS, J. F (2005). “*Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem*”. Revista Ciência Agronômica. ,p. 262-267.
- CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE- RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 04 de julho d 2018.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Séries Históricas. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmscont eudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmscont eudos)> Acesso em 28 de março de 2018.
- EMBRAPA– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de produção Embrapa - Cultivo do milho. Disponível em:

<[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao\\_lf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=7905&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=8658](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao_lf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8658) > Acesso em 06 de julho de 2018.

Ferreira, DF. Sisvar versão 5.3 (Biud 75). 2010. *Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos*. Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras.

SANTOS, C.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, M.A.L.; PEDROSA, E.M.R. (2017) “*Evapotranspiration and crop coefficients of Moringa oleifera under semi-arid conditions in Pernambuco*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p.840-845.

SANTOS, C.S. “*Conservação de solo e água em unidade de reuso do semiárido para proteção ambiental, produção agrícola e inclusão social*”. 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. 108p.

SANTOS, C.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; RIBEIRO, K.E.S.; SANTOS, D.P.; SANTOS JUNIOR, J.A. (2018); “*Evapotranspiração da cultura e coeficiente de cultivo da moringa em diferentes tipos de lisímetros*” in Anais do III SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS PARA A PRODUÇÃO VEGETAL NO SEMIÁRIDO.

SOUZA, A. P.; PEREIRA, J. B. A.; SILVA L. D. B.; GUERRA, J. G. M. e CARVALHO, D. F. (2011). “*Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo*”. Acta Scientiarum. Agronomy, 2011, p. 15-22.

SOUZA, C. B. de. “*Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro nos tabuleiros de Santa Rita – PB*”. Campina Grande: UFPB, 2003. 124p. Tese Doutorado.

VILLA NOVA, N.A.; OMETTO, J.C.(1981) Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, Fortaleza, 1981. in Anais. Fortaleza : Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p.281-299.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, ao CNPq e FACEPE pelo financiamento da pesquisa, e ao grupo de pesquisa do Laboratório de Água e Solo - LAS.