

## ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS DO MILHO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM AMBIENTE PROTEGIDO

Beatriz Gomes de Araújo<sup>1</sup>, Célia Silva dos Santos<sup>2</sup>, Abelardo Antônio de Assunção  
Montenegro<sup>3</sup>, Talita Xavier Gouveia<sup>4</sup>, Kátia Elisabete Silva Ribeiro<sup>4</sup>,  
Evellyn da Silva Gomes<sup>4</sup>

**RESUMO:** A análise de crescimento permite caracterizar o comportamento de cultivares de milho sobre efeito de água residuária. Objetivou-se avaliar os índices morfofisiológicos da cultura do milho irrigado com diferentes concentrações de água residuária. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Universidade Federal Rural de Pernambuco. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 5 repetições. Tratamentos: T2 – 100% esgoto doméstico tratado; T3, T4, T5, proporções de água de esgoto doméstico tratado e abastecimento com 75-25%; 50-50% e 25-75%, respectivamente; e a testemunha T1 – 100% água de abastecimento + adubação química convencional). Foram analisados os índices fisiológicos taxa de crescimento absoluto e relativo em altura de planta e taxa de crescimento absoluto e relativo em área foliar, avaliados aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura. A irrigação com suplementação de águas residuárias apresentou maiores incrementos nos índices morfofisiológicos de altura de planta e área foliar. As diluições com concentrações em torno de 60% de esgoto doméstico tratado promoveram significativos ganhos para as taxas de crescimento absoluto e relativo de altura de planta e área foliar.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L., diluições de esgoto, morfofisiologia

## MORPHOPHYSIOLOGICAL INDICES OF MAIZE IRRIGATED WITH WASTEWATER IN A PROTECTED ENVIRONMENT

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE, Brasil; Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos. Fone (81) 985228138. E-mail: beatrizgomesde.a@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE.

<sup>3</sup> Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE.

<sup>4</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE.

**ABSTRACT:** The growth analysis allows to characterize the behavior of maize cultivars on wastewater effect. The objective of this study was to evaluate the morphophysiological indices of maize crop irrigated with different concentrations of wastewater. The experiment was conducted in a protected environment at the Federal Rural University of Pernambuco. The experimental design was randomized blocks with 5 treatments and 5 replications. Treatments: T2 - 100% treated domestic sewage; T3, T4, T5, proportions of treated domestic sewage and supply with 75-25%; 50-50% and 25-75%, respectively; and the control T1 - 100% supply water + conventional chemical fertilization). The physiological indices were analyzed absolute and relative growth rate in plant height and absolute and relative growth rate in leaf area, evaluated at 15, 30, 45 and 60 days after sowing. Irrigation with wastewater supplementation showed greater increases in morphophysiological indices of plant height and leaf area. Dilutions with concentrations around 60% of treated domestic sewage promoted significant gains for absolute and relative growth rates of plant height and leaf area.

**KEYWORDS:** *Zea mays* L., dilutions of sewage, morphophysiology

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos do planeta, devido ao seu alto potencial produtivo, composição química e valor nutritivo (ALBRECHT, 2014).

O reuso agrícola surge como alternativa para convivência com a região semiárida, viabilizando as produções agrícolas. Nesse contexto, a prática de irrigação proveniente do reuso da água de esgoto doméstico vem sendo amplamente estudada e recomendada por diversos pesquisadores devido seu potencial de suprir as necessidades hídricas e, em grande parte, nutricionais das plantas (SOUSA NETO et al., 2012).

Muitos dos nutrientes necessários ao desenvolvimento da cultura do milho são encontrados em níveis consideráveis em águas residuárias tratadas (ALVES et al., 2018). Apesar dos vários benefícios da utilização de esgotos domésticos tratados na agricultura, as águas residuárias apresentam consideráveis concentrações de íons dissolvidos. Tais fatos incentivam o desenvolvimento de técnicas de tratamento e manejo dos resíduos antrópicos para a minimização dos impactos ambientais (ANDRADE FILHO et al., 2013).

Considerando a importância social e econômica do milho para região nordeste do Brasil, torna-se necessário utilizar alternativas que viabilizem de forma eficiente a produção

de milho irrigado com águas residuárias respeitando os fatores ambientais. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os índices morfofisiológicos da cultura do milho irrigado com diferentes concentrações de água residuária.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos meses de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018 em condições de casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, sob as seguintes coordenadas geográficas: 08° 00' 59,9'' S e 34° 56' 38,6'' W, medindo 20 x 7 m, com pé direito de 2,5 m.

O solo utilizado foi um Planossolo Háptico Sáfico Sódico Hipereutrófico (EMBRAPA, 2014), representativo da Bacia do rio Ipojuca-PE. Para avaliação das condições do solo, uma amostra composta foi coletada antes da aplicação dos tratamentos e encaminhada ao Laboratório de Química Ambiental de Solos do Departamento de Ciências do Solo/UFRPE, cuja análise físico-química pode ser visualizada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físico-químicas do solo utilizado para o plantio milho antes da aplicação dos tratamentos, Mutuca-PE.

	Areia	Argila	Silte	Ds	Dp	P	CC	PMP	Classe Textural	
Amostra de solo	_____%____			_ g cm <sup>-3</sup> _		_____%____	_____%____			
	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	PST
1:2,5	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	2,36

Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partícula; P: Porosidade; CC: Capacidade de Campo e PMP: Ponto de Murcha Permanente; C.O – Carbono orgânico; M.O – Matéria orgânica;

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 5 repetições, totalizando 25 unidades experimentais. Cada unidade amostral foi composta de um vaso plástico com capacidade de 15 L, preenchido com solo, 3 cm de brita nº 1 no vaso, seguido de manta Bidim. Para suprir as necessidades nutricionais nas plantas do tratamento testemunhas foi realizada adubação, preconizada pelo Manual de Recomendação de Adubação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (CAVALCANTI, 2008), apenas nos vasos contendo as plantas testemunhas.

Os tratamentos foram compostos por três níveis de diluição de efluente doméstico tratado com água de abastecimento em diferentes porcentagens: Testemunha T1- 100% de

água de abastecimento (AB) + adubação química convencional; T2 100% efluente doméstico tratado (EDT); T3 - 75% de EDT mais 25% de AB; T4 - 50% EDT mais 50% AB e T5 - 25% EDT mais 75% .

A semeadura do milho foi realizada manualmente a 5cm de profundidade, usando-se 5 sementes/vaso, logo após a germinação foi realizado o desbaste, restando 1 planta vaso<sup>-1</sup>. Utilizou-se a cultivar São José (BR 5026 do IPA). A cultivar foi semeada no espaçamento de 0,7 m entre linhas e 0,30 m entre plantas.

O efluente líquido tratado foi oriundo da Estação de Tratamento e Reuso Hidroagrícola localizado no Distrito de Mutuca-Pesqueira-PE, no qual foi encaminhado para o local de condução do experimento e armazenado em uma caixa de água de 3000L e diluído com o auxílio de outros 3 reservatórios de água de 100L, de forma a implementar os tratamentos T3, T4 e T5, e os tratamentos T2 100% de água residuária. Para o tratamento T1 utilizou-se um reservatório de 100L com água de abastecimento local proveniente de poço do CEGOE/UFRPE. As análises físico-química do efluente, diluições, e água de abastecimento constam na Tabela 2.

**Tabela 2.** Caracterização físico-química da água de abastecimento e efluente tratado utilizado no experimento.

Constituintes	Unidade	100%AB	75%ET+25%AB	50%ET+50%AB	25%ET+75%AB	100%ET
pH	-	6,30	7,70	7,40	6,90	7,90
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,13	2,50	1,40	0,725	3,13
K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0,15	0,013	0,01	0,05	2,50
P-Total	mg L <sup>-1</sup>	-	2,50	2,00	1,00	2,50
Na <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	5,40	644,94	569,62	449,10	1172,23
Alcalinidade	mg L <sup>-1</sup>	11,70	474,00	280,00	125,00	708,00
Cloretos	mg L <sup>-1</sup>	15,40	700,00	550,00	400,00	200,00
DBO	mg L <sup>-1</sup>	-	20,00	16,00	15,00	30,00
DQO	mg L <sup>-1</sup>	-	114,00	57,00	35,00	125,00
SS	mg L <sup>-1</sup>	-	0,40	0,10	0,00	0,50
ST	mg L <sup>-1</sup>	-	1695,00	1155,00	581,00	2345,00
SF	mg L <sup>-1</sup>	-	1474,00	1026,00	506,00	2094,00
SV	mg L <sup>-1</sup>	-	221,00	129,00	75,00	251,00
SS*	mg L <sup>-1</sup>	-	19,00	10,00	2,00	50,00

CE – Condutividade elétrica; P-total - Fósforo total; N-total - Nitrogênio total; DQO - Demanda Química de Oxigênio; DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; SS - Sólidos Sedimentáveis; ST - Sólidos Totais; SF - Sólidos Fixos; SV - Sólidos voláteis; SS\* - Sólidos Solúveis.

O critério adotado na definição das lâminas de irrigação com água residuária (aplicadas manualmente) na implantação dos tratamentos foi baseado na pesagem direta dos vasos. A frequência da aplicação da água residuária foi com turno de rega a cada dois dias.

Foram determinados, a partir dos dados primários de crescimento e equações propostas por BENINCASA (2003) e SILVA (2006) os seguintes índices fisiológicos: taxa de

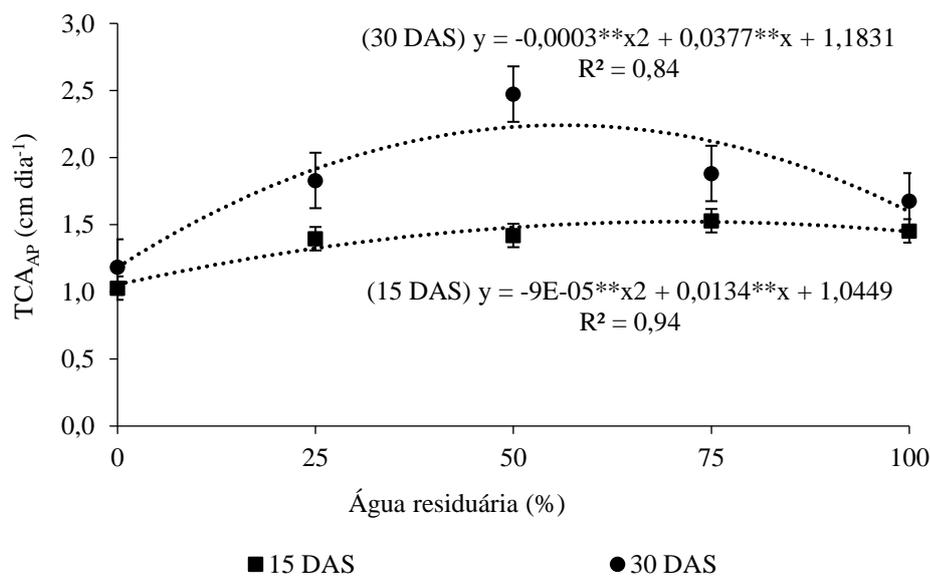
crescimento absoluto em altura de planta ( $TCA_{AP}$ ); taxa de crescimento relativo em altura de planta ( $TCR_{AP}$ ); taxa de crescimento absoluto em área foliar ( $TCA_{AF}$ ) e taxa de crescimento relativo em área foliar ( $TCR_{AF}$ ). Todos os índices avaliados aos 15, 30, 45, e 60 dias após a semeadura (DAS).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, regressão polinomial e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) utilizando-se o software Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se comportamento quadrático da  $TCA_{AP}$  em função do aumento da concentração de EDT aos 15 e 30 DAS respectivamente (Figura 1), apresentando valor máximo estimado de  $1,54 \text{ cm dia}^{-1}$  na concentração de 74,44% de EDT e mínimo estimado de  $1,04 \text{ cm dia}^{-1}$  na concentração (0% EDT). Aos 30 DAS constatou-se máximo estimado de  $2,37 \text{ cm dia}^{-1}$  na concentração de 62,83% de EDT e mínimo estimado de  $1,18 \text{ cm dia}^{-1}$  na concentração (0% EDT).

A irrigação com água residuária influenciou positivamente à altura das plantas aos 15 e 30 DAS. Ramos et al. (2018) avaliaram os índices fisiológicos na cultura do milho fertirrigado com urina humana e doses de manureira encontraram que a adubação orgânica promoveu maiores ganhos para a  $TCA_{AP}$  com médias de  $3,59 \text{ cm dia}^{-1}$  quando avaliado dos 15 aos 65 DAS.

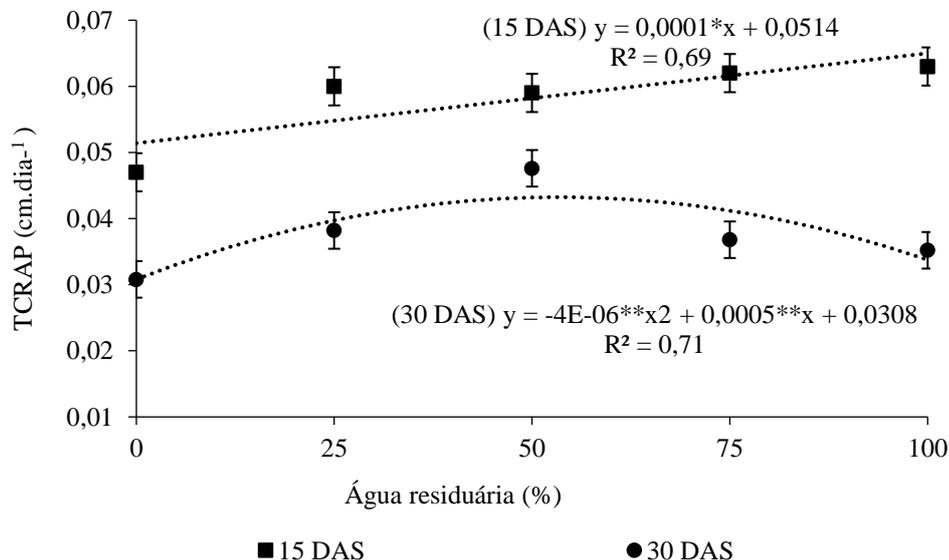


**Figura 1.** Efeito das concentrações de água residuária sobre as  $TCA_{AP}$  aos 15 e 30 DAS na cultura do milho (cv. IPA BRS-1501) sob condições de ambiente protegido.

Para  $TCR_{AP}$  verificou-se ajuste linear em função da concentração de EDT aos 15 DAS (Figura 2), apresentando valor máximos estimados de  $0,061 \text{ cm dia}^{-1}$  na concentração de 100% EDT e mínimo estimado de  $0,051 \text{ cm dia}^{-1}$  na concentração (0% EDT). Ao analisar aos 30 DAS, verificou-se comportamento quadrático em função das concentrações de EDT, com máximo estimado de  $0,046 \text{ cm dia}^{-1}$ , na concentração de 62,50% de EDT e valor mínimo estimado de  $0,03 \text{ cm dia}^{-1}$  na concentração (0% EDT).

Resultado semelhante foi obtido por Ramos et al. (2018) na cultura do milho para  $TCR_{AP}$  correspondente a  $0,047 \text{ cm dia}^{-1}$ . A época em que se obteve os maiores valores da  $TCR_{AP}$  do milho foi aos 15 DAS, o que corresponde a primeira época de avaliação. Tal crescimento acentuado pode ser explicado pelo início da aplicação dos tratamentos com concentrações de efluente doméstico na água de irrigação, bem como do surgimento de folhagem para a realização do processo fotossintético, visto que as plantas encontravam-se na fase vegetativa inicial.

O declínio da  $TCR_{AP}$  aos 30 DAS de estudo pode ser devido ao início da fase de florescimento. Larcher (2000) afirma que paralisação no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorre pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados para a floração.

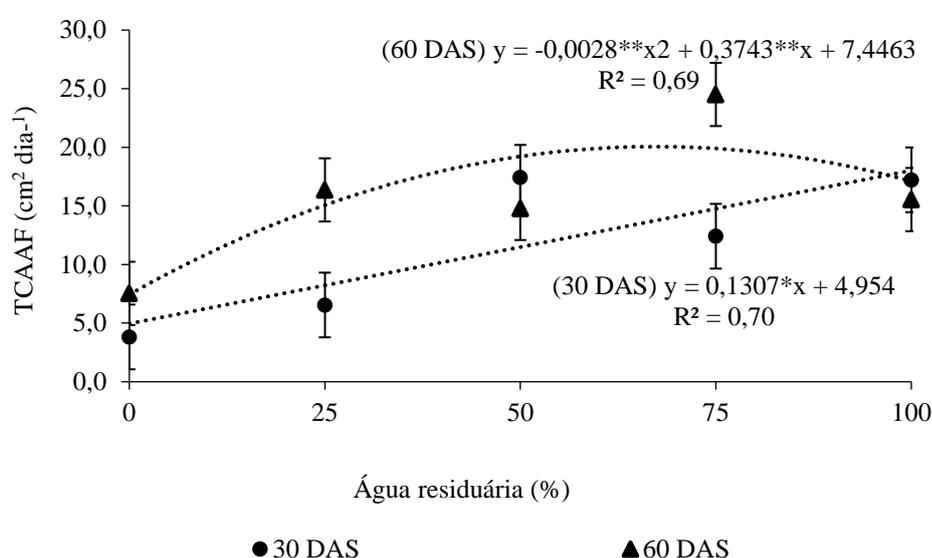


**Figura 2.** Efeitos das concentrações de água residuária sobre as  $TCR_{AP}$  aos 15 e 30 DAS na cultura do milho (cv. IPA BRS-1501) sob condições de ambiente protegido.

Verificou-se ajuste linear crescente para  $TCA_{AF}$  aos 30 DAS em função das concentrações de EDT (Figura 3). Constatou-se máximo estimado de  $18,02 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  na concentração de 100% de EDT e mínimo estimado de  $4,55 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  na concentração 0%

EDT. Observou-se comportamento quadrático para  $TCA_{AF}$  aos 60 DAS em função da concentração de EDT, com valor máximo estimado de  $19,95 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  na concentração de 66,84% de EDT e valor mínimo estimado de  $7,44 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  na concentração 0% EDT.

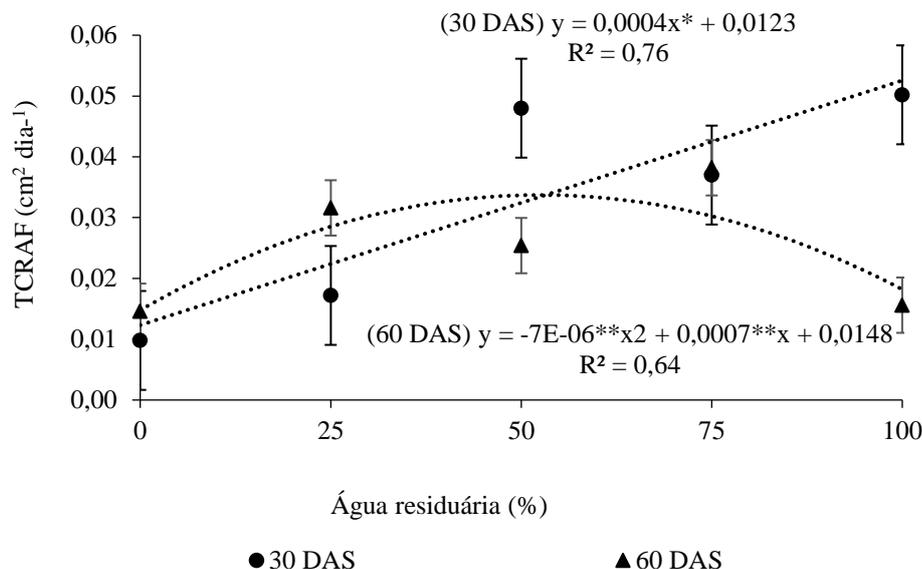
Ressalta-se que maiores valores aos 60 DAS da  $TCA_{AF}$ , pode ser explicado pelo fato do acúmulo de nutrientes oriundo das concentrações da água residuária na irrigação. As plantas de milho ganham volume em altura e em diâmetro do caule, o que contribui para o aumento da área foliar e as taxas fotossintéticas. Com o aumento das taxas fotossintéticas, em termos absolutos, uma maior quantidade de fotoassimilados ficaria disponível para o crescimento em área foliar.



**Figura 3.** Efeito das concentrações de água residuária sobre as  $TCA_{AF}$  aos 30 e 60 DAS na cultura do milho (cv. IPA BRS-1501) sob condições de ambiente protegido.

Verificou-se comportamento linear crescente aos 30 DAS para  $TCR_{AF}$  em função da concentração de EDT (Figura 4), com máximo estimado de  $0,052 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  na concentração 100% EDT e mínimo estimado de  $0,0123 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  na concentração 0% EDT. Aos 60 DAS, observou-se comportamento quadrático em função das concentrações de EDT, com valor máximo estimado de  $0,032 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  na concentração de 50% de EDT e valor mínimo estimado de  $0,015 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  na concentração 0% EDT.

Os dados de  $TCA_{AF}$  e  $TCR_{AF}$  apresentados são corroborados por Costa et al. (2009), dos quais observou-se em estudos, que as áreas foliares do milho onde o solo foi irrigado com água residuária foram superiores às áreas foliares das plantas irrigadas com água de abastecimento aos 20, 34 e 62 DAS, respectivamente. Atribui-se tais resultados ao efeito residual dos nutrientes contidos na água residuária.



**Figura 4.** Efeito das concentrações de água residuária sobre as TCR<sub>Af</sub> aos 30 e 60 DAS na cultura do milho (cv. IPA BRS-1501) sob condições de ambiente protegido.

## CONCLUSÕES

A irrigação com suplementação de águas residuárias promoveu maior incremento aos índices morfofisiológicos de altura de planta e área foliar.

Os índices morfofisiológicos variaram em função das diluições de águas residuárias. Para irrigação com água residuária, recomenda-se a aplicação de lâmina com diluições próximas de 60% de esgoto doméstico tratado, em virtude dos ganhos significativos de taxas de crescimento absoluto e relativo de altura de planta e área foliar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; BARROSO, A.A.M.; FILHO, R.V. O milho RR2 e o glyphosate: Uma revisão. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.13, n. 1, p.58-67, 2014.

ALVES, P.F.S.; SANTOS, S.R.; KONDO, M.S.K.; ARAÚJO, E.; OLIVEIRA, P.M. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.23, n.5, p.833-839, 2018.

ANDRADE FILHO, J.; SOUSA NETO, O.N.; DIAS, N.S.; NASCIMENTO, I.B.; MEDEIROS, J.F.; COSME, C.R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. **Irriga**, v.18, n. 4, p.661-674, 2013.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.

CAVALCANTI, F. J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação Recife: IPA, 1998 198p.**

COSTA, F.A.X.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, C.A.V.; SOARES, F.A.L.; ALVA, D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.687-693, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 4. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2014. 353 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU. 2000, 526 p.

RAMOS, J. G.; LIMA, V. L. A. DE.; SALES, E. S. G.; MEDEIROS, G. O. DE.; PEREIRA, M. DE O.; GUIMARÃES, R. F. B.; BORGES, V. E.; SOBRINHO, T. G.; RAMOS, G. G. Growth of Fertilized Maize via Fertirrigation and Foundation With Treated Human Urine and Cassava Wastewater. **Journal of Agricultural Science**; v.10, n.5, p. 188-197, 2018.

SILVA, L.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: EMBRAPA, 2006. 61p.

SOUSA NETO, O.N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. DA S.; Rebouças, J.R.L.; Oliveira, F.R.A.DE.; DINIZ, A.A. Fertigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.200–208, 2012.