



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p456-463>

## Interação urina e efluente doméstico na produção do milho cultivado em solos do semiárido paraibano

José A. Santos Júnior<sup>1</sup>, Cassiana F. de Souza<sup>2</sup>, Aldrin M. Pérez-Marín<sup>3</sup>, Antônio R. Cavalcante<sup>4</sup> & Salomão de S. Medeiros<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Agrícola/Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE. E-mail: [jose.amilton@pq.cnpq.br](mailto:jose.amilton@pq.cnpq.br) (Autor correspondente)

<sup>2</sup> Centro de Ciências Agrárias/Universidade Federal da Paraíba. Areia, PB. E-mail: [cassianafelipe@gmail.com](mailto:cassianafelipe@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Nacional do Semiárido/Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Campina Grande, PB. E-mail: [aldrin.perez@insa.gov.br](mailto:aldrin.perez@insa.gov.br); [salomao.medeiros@insa.gov.br](mailto:salomao.medeiros@insa.gov.br)

<sup>4</sup> Núcleo de Engenharia de Água e Solo/Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, BA. E-mail: [antonio\\_soledade@hotmail.com](mailto:antonio_soledade@hotmail.com)

### Palavras-chave:

reúso  
irrigação  
desertificação

### RESUMO

A necessidade precípua de estudos que abordem o aproveitamento de resíduos líquidos na irrigação de culturas em condições semiáridas, é evidente. Buscou-se, com o presente trabalho, analisar a viabilidade do aproveitamento da urina humana diluída em efluente doméstico (0; 1,5; 3,0 e 4,5%) na irrigação de plantas de milho cultivadas em três solos (Luvisolo, Neossolo e Planossolo) oriundos de áreas degradadas do Núcleo de Desertificação dos Cariris, PB. Esses tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3 + 6, ou seja, quatro diluições de urina em efluente doméstico, três tipos de solo e seis testemunhas (utilizando-se água de abastecimento municipal na irrigação das plantas com e sem aplicação de NPK nos três solos estudados), com quatro repetições, totalizando 72 unidades experimentais. Concluiu-se que a adição de 4,5% de urina humana no efluente doméstico aplicado via irrigação em plantas de milho cultivadas em Luvisolo crômico, proporciona resultados de massa de grãos e eficiência do uso da água semelhante ao observado em plantas com fertilização mineral recomendada e irrigadas com água de abastecimento.

### Key words:

reuse  
irrigation  
desertification

## Interaction of urine and domestic effluent on production of millet grown in soils of semiarid of Paraíba

### ABSTRACT

The imminent need of studies that address the use of liquid residue in irrigation of crops grown in semi-arid conditions is evident. In this context, the feasibility of the use of human urine diluted in domestic effluent (0, 1.5, 3.0 and 4.5%) for the irrigation of plants of millet cultivated in three soils (Luvisol, Neossol and Planossol) collected from degraded areas of the Nucleus of Desertification of Cariris, PB was studied. These treatments were distributed in a completely randomized design, analysed in a factorial 4 x 3 + 6, four urine dilutions in domestic effluent, three types of soil and six controls (using water of municipal supply in the irrigation of the plants with and without application of NPK with four replications, totalizing 72 experimental plots). It was concluded that the addition of 4.5% of human urine in domestic effluent applied in irrigation of the plants of millet cultivated in chromic Luvisol, provides results of viable grain mass and efficiency of water use similar to observed in plants under recommended doses of mineral fertilizer and irrigated with water of municipal supply.

## INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro a produção agrícola irrigada ainda é incipiente apresentando “ilhas” de desenvolvimento nos poucos perímetros irrigados principalmente os que permeiam o Vale do São Francisco. O'Brien & Liverman (1992) comentam que dentre cerca de um milhão de quilômetros quadrados de área disponível no semiárido brasileiro apenas 3% são aptos para a macroirrigação fato que, de acordo com esses autores, se deve sobretudo a dois fatores: água e solo, em seus aspectos qualitativo e quantitativo.

Uma das maneiras propostas pela comunidade científica para aumentar a oferta de água disponível para a irrigação, é seu reúso (Souza et al., 2010; Medeiros et al., 2010; Souza et al., 2013) e principalmente a utilização de formas racionais de uso da água (Santos Júnior et al., 2013). Além do aspecto hídrico outro benefício a ser aproveitado do efluente doméstico é seu potencial nutricional (Rebouças et al., 2010) que, dentre outros componentes é, em grande parte, oriundo da urina humana. De acordo com informações de Larsen et al. (2001), a urina humana representa mais de 80% do nitrogênio encontrado no efluente doméstico, 50% da carga de fósforo, 90% da carga de potássio e ao mesmo tempo constitui menos de 1% do volume total desse efluente doméstico convencional.

A utilização da urina humana na produção agrícola já é realizada em países da África (Akpan-Idioka et al., 2012) e na China (Feng et al., 2008) com poucos casos relatados no Brasil (Louro et al., 2012). No entanto, ainda são escassas informações que relacionem os efeitos da interação da urina diluída em efluente doméstico na irrigação de plantas, como forma de potencializar o aproveitamento nutricional da urina, sobremaneira nas condições semiáridas; entretanto, toda esta lógica do reaproveitamento dos recursos hídricos contrasta com o avanço da desertificação em áreas que, outrora, eram produtivas e que, dado à ação antrópica, entraram em processo de degradação nos aspectos físico-químicos e microbiológicos (PAE PB, 2011). No semiárido brasileiro já foram identificadas cinco áreas-padrão do processo de desertificação denominadas Núcleos de Desertificação, dentre eles o Núcleo de Desertificação do Seridó (envolvendo os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba) e o Núcleo de Desertificação dos Cariris/PB (Perez-Marin et al., 2012). No estado da Paraíba especificamente, as áreas susceptíveis à desertificação ocupam 93,27% do território e respondem por pouco mais de 50% do PIB paraibano, com sinalização de declínio nesta participação (Alves et al., 2009).

Dentre as culturas importantes produzidas nessas áreas susceptíveis à desertificação, está o milho. Trata-se de uma cultura de clima quente que apresenta características de xerófila e mecanismos eficientes de resistência à seca; em termos hídricos utiliza 70% da água consumida pelo milho para produzir a mesma quantidade de matéria seca e 85% do seu valor energético (Tabosa et al., 1999).

Dito isto, avaliaram-se os parâmetros de produção de grãos e fitomassa, além da eficiência do uso da água de plantas de milho cultivadas em solos do Núcleo de Desertificação dos Cariris, PB, e irrigadas com urina diluída em efluente doméstico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de maio a agosto de 2013, em um ambiente protegido na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTI (7° 16' 41" S e 35° 57' 59" O, altitude média de 470 m).

Adotaram-se, como unidade experimental, vasos de 60 L, preenchidos com 4,5 kg de brita e 56 kg de solo, conforme tratamento. A cultivar de milho utilizada foi a EMBRAPA BRS-1501 no total de 20 sementes por vaso, dispostas em formato octogonal visando à manutenção de distâncias homogêneas entre plantas; aos 16 dias após o semeio (DAS) realizou-se o primeiro desbaste deixando-se cinco plantas por vaso; aos 36, 46, 56 e 66 DAS retirou-se uma planta por data de avaliação e após esta época se manteve apenas uma planta por vaso.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3 + 6, quatro diluições de urina (U) em efluente doméstico (ED), três tipos de solo e seis testemunhas – utilizando-se água de abastecimento (AB) municipal da cidade de Campina Grande, PB, na irrigação das plantas com (Testemunha 01: S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub>) e sem (Testemunha 02: S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub>) aplicação de NPK nos três solos estudados, com quatro repetições, totalizando 72 unidades experimentais.

Avaliaram-se a eficiência do uso da água na produção de grãos e fitomassa de plantas de milho irrigadas com urina + efluente doméstico com base em quatro diluições (0; 1,5; 3,0 e 4,5%) e cultivadas em três solos oriundos de municípios da região semiárida paraibana com suscetibilidade ao processo de degradação, conforme descrito pelo Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Estado da Paraíba (PAE-PB, 2011).

Os materiais de solo utilizados foram coletados em áreas do Núcleo de Desertificação dos Cariris, PB (Perez-Marin et al., 2012), os quais foram classificados como S<sub>1</sub> (Cabaceiras) – Luvisso crônico, S<sub>2</sub> (Juazeirinho) – Neossolo litólico e S<sub>3</sub> (Junco do Seridó) – Planossolo (EMBRAPA, 2009). A amostragem ocorreu nos municípios de Cabaceiras (7° 26' S e 36° 23' O – 461 m de altitude média), Juazeirinho (7° 02' S e 36° 34' O – 609 m de altitude média) e Junco do Seridó (6° 57' S e 36° 48' O – 612 m de altitude média) todos situados no estado da Paraíba.

O procedimento de coleta seguiu as recomendações do manual de descrição e coleta de solo no campo (Santos et al., 2005), de modo que foram coletadas amostras deformadas do horizonte superficial do solo (0-20 cm). Por fim, procedeu-se à caracterização físico-química e de salinidade seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (2009) no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS/UFPA (Tabela 1).

Ressalta-se que na Testemunha 02 (água de abastecimento com NPK), em fundação, aplicou-se adubação mineral na dosagem 56 kg de ureia ha<sup>-1</sup>; 208,3 kg de SFS ha<sup>-1</sup> e 90 kg KCl ha<sup>-1</sup> para o Solo Junco do Seridó – Planossolo; nos solos de Cabaceiras e Juazeirinho (Luvisso e Neossolo) foram aplicados 56 kg de ureia ha<sup>-1</sup>; 416,67 kg de SFS ha<sup>-1</sup> e 90 kg KCl ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Nos tratamentos em que houve diluições da urina em efluente doméstico não se aplicou qualquer tipo de adubo nem na Testemunha 01 (água de abastecimento sem NPK).

Tabela 1. Características físico-químicas dos solos

Parâmetros	Material de solo utilizado			Parâmetros	Material de solo utilizado		
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Areia (%)	57,81	86,20	84,13	Matéria Orgânica (%)	2,38	0,38	1,33
Silte (%)	32,33	11,03	10,07	Nitrogênio (%)	0,13	0,03	0,07
Argila (%)	9,86	2,77	5,80	Fósforo assimilável (mg/100g)	1,89	1,09	2,79
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,33	1,35	1,33	pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	8,07	6,50	5,36
Densidade das partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,68	2,73	2,72	Cond. Elétrica – mmhos cm <sup>-1</sup> (Suspensão solo-água)	0,11	0,05	0,10
Porosidade (%)	50,29	50,44	51,13	pH (Extrato de Saturação)	7,79	6,45	5,23
Umidade do solo				Cond. Elétrica – mmhos cm <sup>-1</sup> (Extrato de saturação)	0,26	0,25	0,47
CC - 0,33 atm	25,27	5,03	7,17	Cloreto (meq L <sup>-1</sup> )	0,75	1,00	1,75
PMP - 15,0 atm	10,85	1,15	3,04	Carbonato (meq L <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00
Cálcio (meq 100g <sup>-1</sup> de solo)	21,90	1,32	2,55	Bicarbonato (meq L <sup>-1</sup> )	1,40	1,50	2,50
Magnésio (meq 100g <sup>-1</sup> de solo)	5,29	2,13	3,15	Sulfato (meq L <sup>-1</sup> )	Ausente	Ausente	Ausente
Sódio (meq 100g <sup>-1</sup> de solo)	0,20	0,05	0,14	Cálcio (meq L <sup>-1</sup> )	0,62	1,00	1,75
Potássio (meq 100g <sup>-1</sup> de solo)	0,23	0,16	0,23	Magnésio (meq L <sup>-1</sup> )	5,38	4,25	4,62
S (meq 100g <sup>-1</sup> de solo)	27,62	3,66	6,07	Potássio (meq L <sup>-1</sup> )	0,10	0,35	0,88
Hidrogênio (meq 100g <sup>-1</sup> de solo)	0,00	0,30	1,09	Sódio (meq L <sup>-1</sup> )	0,90	0,99	1,91
Alumínio (meq 100g <sup>-1</sup> de solo)	0,00	0,00	0,00	Porcentagem de saturação	34,0	20,0	24,33
T (meq 100g <sup>-1</sup> de solo)	27,62	3,96	7,16	Relação de adsorção de sódio	0,52	0,61	1,09
Carbonato de cálcio qualitativo	Presença	Ausência	Ausência	PST (Porcentagem de sódio trocável)	0,72	1,26	1,95
Carbono Orgânico (%)	1,38	0,31	0,77	Salinidade	Não Salino	Não Salino	Não Salino

S<sub>1</sub> - Cabaceiras; S<sub>2</sub> - Juazeirinho; S<sub>3</sub> - Junco do Seridó

O efluente doméstico utilizado na pesquisa foi captado na Estação de Tratamento da sede administrativa do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTI e, visando minimizar variações decorrentes da sazonalidade coletou-se e se armazenou o volume necessário à pesquisa, apenas uma vez.

A urina humana foi obtida de doadores masculinos na faixa etária de 18 a 50 anos, conforme processo citado por Louro et al. (2012) e mantida fechada e à sombra, sendo utilizadas apenas após mais de um mês em “descanso”. Procedeu-se à caracterização físico-química da urina humana, do efluente doméstico e da água de abastecimento conforme

recomendação da APHA (1991) no Laboratório de Referência em Dessalinização – LABDES/UFCG (Tabela 2).

Antes do semeio todos os solos foram colocados em capacidade de campo e assim conservados até os 21 dias após a semeadura (DAS) sendo aplicada, neste período, água de abastecimento na irrigação das plantas. Após esta época do ciclo (3ª semana de cultivo), iniciou-se a irrigação de acordo com os tratamentos específicos. O cálculo da lâmina de irrigação baseou-se na evapotranspiração de referência, estimada seguindo metodologia proposta por Hargreaves 1985 (Hargreaves & Allen, 2003), em um turno de rega de dois dias. O volume aplicado por semana ao longo do ciclo da cultura está descrito na Figura 1.

Tabela 2. Caracterização físico-química da urina, efluente doméstico, abastecimento e diluições\*1

Parâmetros	Urina	ED	AB	ED +		
				1,5%U	3,0%U	4,5%U
CE a 25 °C (μS m <sup>-1</sup> )	62,340	1,486	856,0	2,740	3,500	4,800
pH	8,9	5,4	7,8	7,5	8,7	8,4
Turbidez (uT)	>1000	0,9	0,4	10,7	11,7	22,8
Cor, Unidade de Hazen (mgPt-Co L <sup>-1</sup> )	>250	30,0	10,0	>250	>250	>250
Dureza em Ca <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	4,0	91,4	65,4	85,0	70,0	45,0
Dureza em Mg <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	9,6	2,3	10,0	12,0	13,5	18,0
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	50,0	238,0	205,0	268,8	225,0	187,5
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	11,169	246,3	123,1	448,1	541,9	874,0
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	428,3	53,4	4,3	77,8	137,3	258,5
Al <sup>3+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	2,60	0,00	0,19	0,05	0,13	0,47
Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	0,13	0,04	0,02	0,03	0,04	0,07
Alcalinidade em hidróxidos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	3,260,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alcalinidade em carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	16,240	0,0	0,0	168,0	380,0	798,0
Alcalinidade em bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,0	34,8	156,0	293,0	312,0	430,0
Alcalinidade total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	19,500	34,8	156,0	461,0	810,0	1.110,0
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	789,2	59,4	37,3	78,9	150,2	187,6
Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	870,0	11,7	0,0	16,5	17,7	21,6
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	3,905,0	385,5	208,7	461,5	615,9	674,5
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,35	24,36	0,31	0,44	1,90	18,82
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,04	2,76	0,07	0,03	0,14	3,48
N-NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	8,640,0	4,03	0,25	138,50	163,5	326,0
SiO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	22,1	0,6	8,5	11,1	15,9	16,0
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	2,05	-2,66	0,26	0,49	1,48	1,84
Total de sólidos dissolvidos secos a 180° C (mg L <sup>-1</sup> )	35,823	912,5	648,3	1.866,4	2.510,3	3.139,9
Coliformes Totais (NMP 100ml <sup>-1</sup> )	2,02.10 <sup>3</sup>	2,02.10 <sup>3</sup>	2,02.10 <sup>3</sup>	2,02.10 <sup>3</sup>	2,02.10 <sup>3</sup>	2,02.10 <sup>3</sup>
<i>Escherichia Coli</i>	2,02.10 <sup>3</sup>	0,357.10 <sup>3</sup>	Ausente	2,02.10 <sup>3</sup>	2,02.10 <sup>3</sup>	2,02.10 <sup>3</sup>

\*ED - Efluente doméstico. AB - Água de abastecimento; ED + 1,5%U - Percentual de 1,5% de urina no efluente doméstico; ED + 3,0%U - Percentual de 3,0% de urina no efluente doméstico; ED + 4,5%U - Percentual de 4,5% de urina no efluente doméstico; \*Metodologia de análise (APHA, 1991)

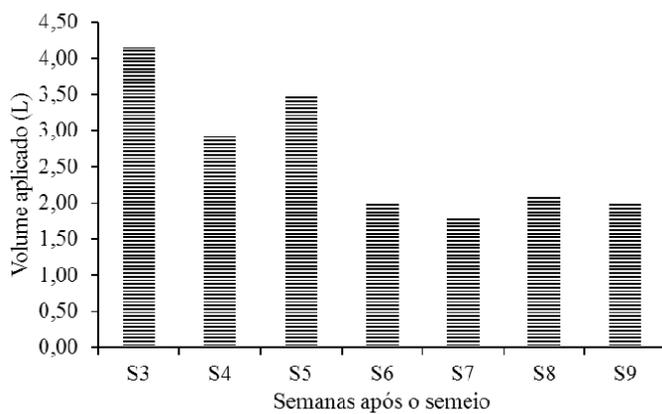


Figura 1. Volume de água aplicado por semana ao longo do ciclo da cultura

As variáveis estudadas foram avaliadas por ocasião da colheita, aos 105 DAS, época em que se determinaram a eficiência de uso da água na produção de grãos (EG), a fitomassa total de grãos viáveis (FTGV) e a fitomassa de cem grãos viáveis (F100GV); foram avaliadas também a fitomassa seca total da parte aérea (FSPA) e a eficiência do uso da água na produção de fitomassa da parte aérea de plantas de milho. Os valores médios de eficiência do uso da água foram calculados através da relação entre a massa (g) produzida por unidade de volume (L) de água consumido/aplicado.

Analisou-se, também, o teor de água na planta (TAP), na parte aérea (TAPA), nas folhas (TAF) e na raiz (TAR), além

do índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) conforme recomendação de Benincasa (2003) além da relação raiz-parte aérea (r R-PA), segundo metodologia proposta por Magalhães (1979).

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância comparando-se, por meio de análise de regressão, o percentual de urina em efluente doméstico (fator quantitativo) e por meio de teste de médias (Tukey) os diferentes tipos de solo (fator qualitativo) em nível de 0,05 de probabilidade. Realizou-se a comparação entre os percentuais de urina e as testemunhas mediante contraste dentro de cada solo sendo que para todas as análises utilizou-se o software estatístico SISVAR versão 5.2 (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em razão da escassez de resultados específicos para a cultivar de milho BRS-1501, também serão utilizadas, na discussão dos dados, informações sobre culturas análogas de mesma família ou espécie.

O contraste entre o percentual de urina e as testemunhas dentro de cada solo estudado não ocasionou efeito significativo ( $p > 0,05$ ) sobre a F100GV; no entanto, verificou-se efeito significativo sobre as variáveis FTGV, EG, FSPA e EF (Tabela 3).

Na análise do desdobramento da interação dos fatores percentual de urina e tipo de solo, nota-se que houve efeito significativo do fator solo dentro do fator 0% de urina e que,

Tabela 3. Resumo da ANOVA para a fitomassa média de 100 grãos viáveis (F100GV) e a fitomassa total grãos viáveis (FTGV); para a eficiência do uso da água na produção de grãos (EG); para a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e eficiência do uso da água na produção de fitomassa seca da parte aérea (EF) de plantas de milho (cv. EMBRAPA BRS-1501) irrigadas com diferentes diluições de urina em efluente doméstico e cultivadas em solos do Núcleo de Desertificação dos Cariris/PB

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		F100GV	FTGV	EG	FSPA	EF
Percentual de urina (U)	3	0,0056 <sup>ns</sup>	1,375 <sup>**</sup>	0,043 <sup>**</sup>	17,269 <sup>**</sup>	0,608 <sup>**</sup>
Regressão Linear	1	-	0,622 <sup>**</sup>	0,043 <sup>**</sup>	21,401 <sup>**</sup>	5,5196 <sup>**</sup>
Regressão Quadrática	1	-	0,278 <sup>**</sup>	-	8,275 <sup>**</sup>	-
Solos (S)	2	0,033 <sup>**</sup>	3,491 <sup>**</sup>	0,174 <sup>**</sup>	57,118 <sup>**</sup>	2,468 <sup>**</sup>
Interação U x S	6	0,012 <sup>**</sup>	4,309 <sup>**</sup>	0,125 <sup>**</sup>	10,913 <sup>**</sup>	0,408 <sup>**</sup>
Resíduo	38	0,0045	0,077	0,004	0,655	0,0305
CV	%	5,64 <sup>!</sup>	7,18 <sup>!</sup>	5,93 <sup>!</sup>	10,08 <sup>!</sup>	9,47 <sup>!</sup>
Urina vs Testemunha 01 (S1)	1	0,00002 <sup>ns</sup>	117,539 <sup>**</sup>	0,300 <sup>**</sup>	4365,42 <sup>**</sup>	8,346 <sup>**</sup>
Urina vs Testemunha 01 (S2)	1	0,0122 <sup>ns</sup>	9,480 <sup>ns</sup>	0,244 <sup>**</sup>	1100,38 <sup>**</sup>	1,352 <sup>**</sup>
Urina vs Testemunha 01 (S3)	1	0,0238 <sup>ns</sup>	90,163 <sup>**</sup>	0,288 <sup>**</sup>	1100,38 <sup>**</sup>	2,016 <sup>**</sup>
Urina vs Testemunha 02 (S1)	1	0,0273 <sup>ns</sup>	540,956 <sup>**</sup>	1,255 <sup>**</sup>	441,23 <sup>ns</sup>	1,613 <sup>ns</sup>
Urina vs Testemunha 02 (S2)	1	0,0332 <sup>ns</sup>	62,693 <sup>**</sup>	0,0938 <sup>**</sup>	0,361 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>
Urina vs Testemunha 02 (S3)	1	0,000045 <sup>ns</sup>	110,379 <sup>**</sup>	0,278 <sup>**</sup>	11,026 <sup>ns</sup>	0,0256 <sup>ns</sup>
			Média			
		g	g	g L <sup>-1</sup>	g	g L <sup>-1</sup>
Percentual de urina						
U <sub>1</sub> – 0%		0,889	15,312 a	0,677 ab	64,65 b	3,06 b
U <sub>2</sub> – 1,5%		0,896	11,828 b	0,536 b	41,98 c	1,91 c
U <sub>3</sub> – 3,0%		0,993	17,427 b	0,831 a	80,01 a	3,47 ab
U <sub>4</sub> – 4,5%		0,962	17,135 b	0,788 a	90,71 a	4,03 a
Testemunha						
Testemunha 01 (AB sem NPK)		0,939 a	12,495 b	0,612 a	58,756 a	2,614 a
Testemunha 02 (AB + NPK)		0,929 a	19,565 a	0,889 a	67,661 a	2,972 a
Solos						
S <sub>1</sub> Cabaceiras (Luvissolo)		1,054 a	20,168 a	0,993 a	104,845 a	4,928 a
S <sub>2</sub> Juazeirinho (Neossolo)		0,920 ab	13,805 b	0,526 b	61,326 b	2,393 b
S <sub>3</sub> Junco do Seridó (Planossolo)		0,838 b	12,637 b	0,613 b	44,384 c	2,153 b

\*,\*\*Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup>Não significativo, pelo teste F; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; ED - Efluente doméstico; AB - Água de abastecimento; <sup>!</sup>Transformação pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$

nessas condições, a massa de 100 grãos viáveis é, em média, de 1,2 g. Heidari (2012) mencionam valores médios de massa de 200 g de sementes de milho (*Setaria italic*) de 0,6 g e acrescentam que não observaram interferência do estresse hídrico (55, 70, 85 e 100% de ETC) sobre esta variável.

Quando cultivada em Luvisso e Planossolo, a F100GV das plantas de milho não apresenta diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre si, com média de 0,75 g; já Vadez et al. (2013) observaram médias de fitomassa de 100 grãos entre 0,52 e 0,86 g, em função da necessidade de água de diferentes variedades de milho pérola (*Pennisetum glaucum* L.) e Geraldo et al. (2002) acrescentam que a produção de grãos da cultivar brasileira BRS 1501 é semelhante à dessas variedades.

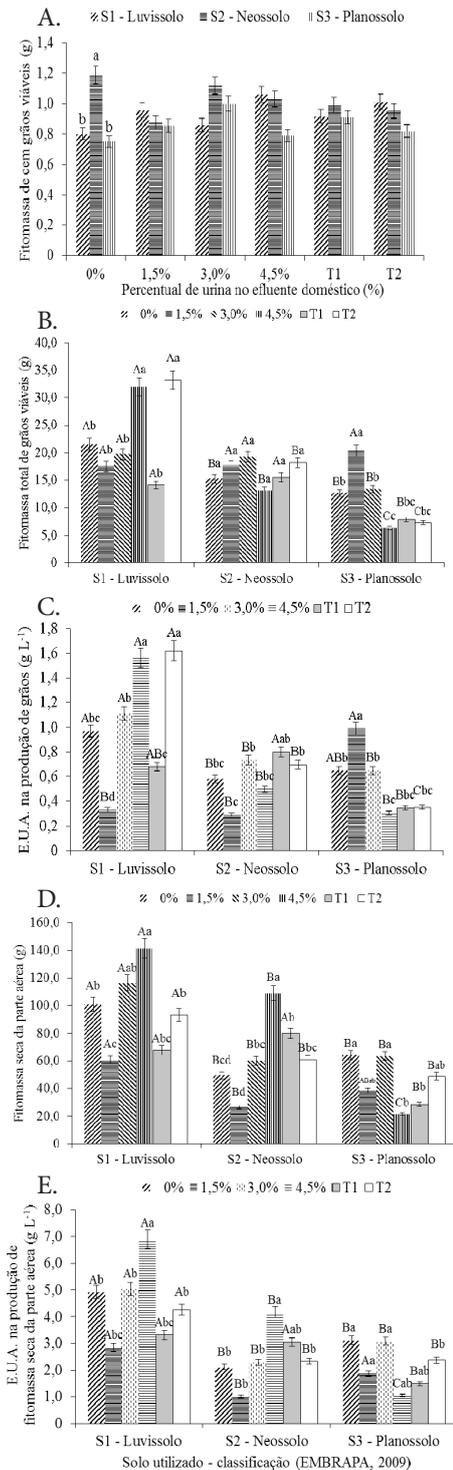
De modo geral, esses resultados indicam que quando se utiliza urina em efluente doméstico nos percentuais de 1,5 a 4,5% na irrigação das plantas ou mesmo se utilizando adubação mineral à base de NPK e irrigação com água de abastecimento, independente do tipo de solo estudado não há variação média significativa em referência à F100GV em plantas de milho (Figura 2A).

Ao se analisar a produção total de grãos viáveis, verificam-se maiores resultados em plantas cultivadas no Luvisso de modo que não se notou diferença significativa entre as plantas irrigadas com 0; 1,5 e 3,0% de urina em efluente doméstico (ED) e as plantas irrigadas com água de abastecimento (AB) sem NPK (Testemunha 01); entretanto, os maiores índices de produção de grãos foram observados nas plantas irrigadas com 0% percentual de 4,5% de urina em ED, média de 32 g, resultado que não diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) da produção de grãos das plantas irrigadas com AB + NPK (Testemunha 02), média de 33,1 g (Figura 2B).

Resultados médios observados por Vadez et al. (2013) em estudos com diferentes variedades de milho Pérola indicam uma produção média de 24 g de grãos viáveis por planta. No presente trabalho a FTGV não variou dentro do Neossolo independente dos percentuais de urina ou do fator testemunha, diferentemente do Planossolo no qual se observaram os maiores resultados médios quando se utilizou 1,5% de urina em efluente doméstico, média de 20,3 g de grãos produzidos por planta, resultado 2,78 vezes maior que o observado nas plantas irrigadas com água de abastecimento + NPK (Testemunha 02). Ainda para esta variável observou-se que quando cultivada em Luvisso a produção de grãos por planta é, em média, até 50% maior em relação aos outros solos estudados, independente do percentual de urina ou adubação mineral utilizada, resultado que está diretamente relacionado às qualidades físico-químicas específicas deste tipo de solo.

A eficiência do uso da água (EUA) das plantas cultivadas no Luvisso foi, em média, 100% maior que no Planossolo e 42% em relação ao Neossolo. Para Tabosa et al. (1999), como o milho é uma gramínea de origem africana adaptada ao semiárido, possui EUA (dispondo de mecanismos de resistência/tolerância à seca) e apresenta boa aptidão para produção de forragem.

Especificamente dentro do Luvisso, para cada litro aplicado, as plantas irrigadas com 4,5% de urina em ED produziram, em média, 1,56 g de grãos viáveis, eficiência semelhante à observada nas condições AB + NPK (Testemunha 02), média de 1,62 g L<sup>-1</sup>. No caso do Neossolo



Letras maiúsculas diferem significativamente entre solos e minúsculas dentro de cada solo estudado. ED – Efluente doméstico; AB – Água de abastecimento; EUA – Eficiência do uso da água

Figura 2. (A) Desdobramento do fator solo dentro do fator percentual de urina em efluente doméstico para a fitomassa de cem grãos de milho. Médias do contraste entre o percentual de urina em ED e as testemunhas (T<sub>1</sub> – AB sem NPK e T<sub>2</sub> – AB + NPK) dentro de cada solo para (B) a fitomassa total de grãos viáveis, (C) a eficiência do uso da água na produção de grãos, (D) a fitomassa seca da parte aérea, (E) a eficiência do uso da água na produção de fitomassa seca da parte aérea de plantas de milho (cv. EMBRAPA BRS 1501) irrigadas com diferentes diluições de urina em efluente doméstico e cultivadas em solos do Núcleo de Desertificação dos Cariris, PB

as plantas irrigadas com AB sem NPK (Testemunha 01) apresentaram maior eficiência média do uso da água, 0,8 g L<sup>-1</sup>; entretanto, este resultado não diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) dos resultados médios estimados para a Testemunha 02, bem como dos percentuais 0; 3,0 e 4,5% de urina em ED. As plantas cultivadas no Planossolo chegaram a apresentar uma eficiência de 0,98 g L<sup>-1</sup> quando irrigadas com 4,5% de urina em ED resultado duas vezes maior em relação à eficiência das plantas sob AB + NPK (Testemunha 02), por exemplo (Figura 2C).

A produção média de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) chegou a 140 g planta<sup>-1</sup>, quando cultivadas em Luvisso e irrigadas com 4,5% de urina em ED, ou seja, 34% a mais que a FSPA das plantas sob AB + NPK (Testemunha 02). As plantas cultivadas em Neossolo e irrigadas com 4,5% de urina + ED produziram, em média, 109 g planta<sup>-1</sup> de FSPA, resultado 1,36 e 1,77 vezes maior que a Testemunha 01 e 02, respectivamente. Em relação às plantas cultivadas nos outros tipos de solo, a FSPA do milho cultivado no Planossolo foi até 54% menor, independente da qualidade de água ou percentual de urina em ED utilizado na irrigação (Figura 2D). Araújo et al. (2009) também incrementaram, ao avaliar o fornecimento de nutrientes por compostos orgânicos semicurados aplicados ao solo, a produção de massa seca de *Brachiaria decumbens*.

As plantas de milho cultivadas em Luvisso e irrigadas com 4,5% de urina em ED apresentaram uma eficiência média do uso da água de 6,9 g L<sup>-1</sup> na produção de FSPA, resultado que

diferiu significativamente ( $p < 0,01$ ) dos outros percentuais de urina em ED testados e das testemunhas. Os resultados obtidos nas plantas cultivadas no Neossolo indicam que a eficiência do uso da água foi de 4,16 g L<sup>-1</sup> na situação em que se utilizam 4,5% de urina em ED; já no caso do Planossolo, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre a eficiência do uso da água na produção de FSPA das plantas irrigadas com 0 e 3,0% de urina em ED, média de 3,1 g L<sup>-1</sup>, resultado 23,5% maior que o observado na Testemunha 02 (Figura 2E).

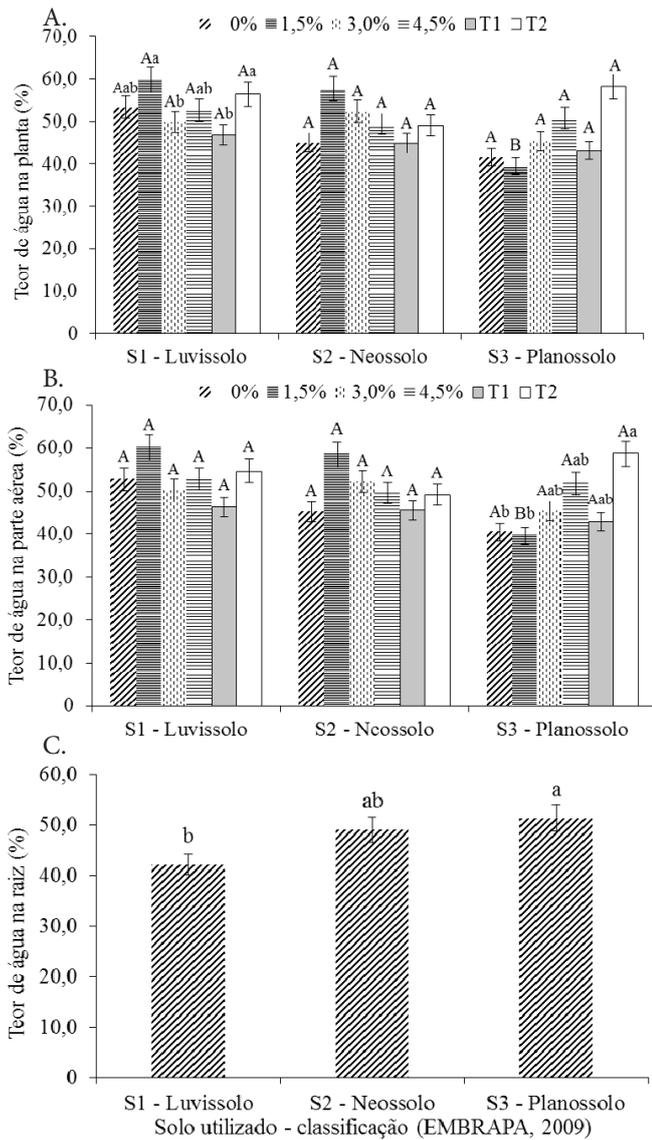
Verifica-se, na análise do contraste entre percentual de urina em ED em relação às testemunhas, que o teor médio de água na planta e na parte aérea variou nas plantas cultivadas em Luvisso e Planossolo. O teor médio de água na raiz variou significativamente em função do tipo de solo utilizado porém a relação raiz-parte aérea e o índice de produção de biomassa da parte aérea não foram afetados por nenhum dos tratamentos testados (Tabela 4).

O TAP das plantas cultivadas em Luvisso variou significativamente ( $p < 0,05$ ) em função do percentual de urina em ED e das testemunhas, não sendo verificada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre o conteúdo percentual de água observado nas plantas sob irrigação com 1,5% de urina em ED e AB + NPK (Testemunha 02), bem como nas plantas irrigadas com 0 e 4,5% de urina em ED (Figura 3A). Entre os tipos de solo observou-se uma diferença média significativa de 34,1% entre o TAP das plantas cultivadas em Luvisso e Planossolo, especificamente para o percentual de 1,5% de urina em ED (Figura 3A).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para o teor de água na planta (TAP), na parte aérea (TAPA), nas folhas (TAF), na raiz (TAR), índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) e relação raiz-parte aérea (r R-PA) de plantas de milho (cv. EMBRAPA BRS-1501) irrigadas com diferentes diluições de urina em efluente doméstico e cultivadas em solos do Núcleo de Desertificação dos Cariris/PB

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		TAP	TAPA	TAR <sup>1</sup>	r R-PA <sup>1</sup>	IPBPA
Percentual de urina (U)	3	136,23 <sup>ns</sup>	182,739 <sup>**</sup>	0,374 <sup>ns</sup>	0,00086 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	136,02 <sup>ns</sup>	195,434 <sup>ns</sup>	0,789 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	104,48 <sup>ns</sup>	129,07 <sup>ns</sup>	0,036 <sup>ns</sup>	0,0023 <sup>ns</sup>	0,0033 <sup>ns</sup>
Solos (S)	2	530,93 <sup>**</sup>	563,258 <sup>**</sup>	2,50 <sup>**</sup>	0,00309 <sup>ns</sup>	0,0048 <sup>ns</sup>
Interação U x S	6	90,81 <sup>ns</sup>	95,453 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	46,15	52,263	0,65	0,00106	0,0015
CV	%	13,82	14,68	11,81	4,25	4,33
Urina vs Testemunha 01 (S1)	1	4,660 <sup>ns</sup>	6,566 <sup>ns</sup>	17,493 <sup>ns</sup>	0,000661 <sup>ns</sup>	0,000911 <sup>ns</sup>
Urina vs Testemunha 01 (S2)	1	128,29 <sup>ns</sup>	111,27 <sup>ns</sup>	426,05 <sup>ns</sup>	0,000781 <sup>ns</sup>	0,000405 <sup>ns</sup>
Urina vs Testemunha 01 (S3)	1	163,67 <sup>ns</sup>	190,56 <sup>**</sup>	3,390 <sup>ns</sup>	0,000245 <sup>ns</sup>	0,000080 <sup>ns</sup>
Urina vs Testemunha 02 (S1)	1	616,10 <sup>**</sup>	665,39 <sup>**</sup>	396,45 <sup>ns</sup>	0,000361 <sup>ns</sup>	0,000211 <sup>ns</sup>
Urina vs Testemunha 02 (S2)	1	14,272 <sup>ns</sup>	16,371 <sup>ns</sup>	7,429 <sup>ns</sup>	0,000361 <sup>ns</sup>	0,000045 <sup>ns</sup>
Urina vs Testemunha 02 (S3)	1	20,050 <sup>ns</sup>	1,471 <sup>ns</sup>	22,186 <sup>ns</sup>	0,00220 <sup>ns</sup>	0,00128 <sup>ns</sup>
		<b>Média</b>				
		%	%	%	-	-
Percentual de urina						
U <sub>1</sub> – 0%		44,925 b	44,290 b	49,675 a	0,0724 a	0,9327 a
U <sub>2</sub> – 1,5%		52,347 a	52,789 a	47,342 a	0,0990 a	0,9138 a
U <sub>3</sub> – 3,0%		49,257 ab	49,301 ab	48,389 a	0,0985 a	0,9133 a
U <sub>4</sub> – 4,5%		50,883 ab	51,360 ab	43,609 a	0,0794 a	0,9274 a
Testemunha						
Testemunha 01 (AB sem NPK)		44,894 b	44,889b	54,834a	0,071a	0,9200a
Testemunha 02 (AB + NPK)		54,545 a	54,183a	52,444a	0,083a	0,9248a
Solos						
S <sub>1</sub> Cabaceiras (Luvisso)		43,213 b	43,056 b	42,186 b	0,0917 a	0,9175 a
S <sub>2</sub> Juazeirinho (Neossolo)		51,141 a	51,395 a	49,109 ab	0,1055 a	0,9081 a
S <sub>3</sub> Junco do Seridó (Planossolo)		53,920 a	54,009 a	51,403 a	0,0624 a	0,9417 a

\*,\*\*Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup>Não significativo, pelo teste F; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; ED - Efluente doméstico; AB - Água de abastecimento; <sup>1</sup>Transformação pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$



Letras maiúsculas diferem significativamente entre solos e minúsculas dentro de cada solo estudado.

ED – efluente doméstico; AB – água de abastecimento; E.U.A. – eficiência do uso da água  
 Figura 3. Resultados para plantas de milho (cv. Embrapa 1501) irrigadas com diferentes diluições de urina em efluente doméstico e cultivadas em solos do Núcleo de Desertificação dos Cariris/PB. Médias do contraste entre o percentual de urina em ED e as testemunhas (T<sub>1</sub> – AB sem NPK e T<sub>2</sub> – AB + NPK) dentro de cada solo para (A) o teor de água na planta e (B) o teor de água na parte aérea. (C) Teor de água na raiz nos diferentes solos estudados

As plantas cultivadas no Planossolo apresentaram variações significativas ( $p < 0,05$ ) no TAPA em relação aos diferentes percentuais de urina testados e testemunhas. Neste caso específico não se constata diferença significativa quando se utilizam 3,0 e 4,5% de urina em ED na irrigação das plantas e as duas testemunhas. Entre os tipos de solo verificou-se, dentro do percentual de 1,5% de urina em ED, que o TAPA das plantas cultivadas em Luvisso e Neossolo foi até 1,51 vez maior, em relação aos resultados obtidos em Planossolo (Figura 3B).

O teor médio de água nas raízes variou significativamente ( $p < 0,05$ ) em função dos diferentes tipos de solo testados. As plantas cultivadas em Planossolo apresentaram 18% a mais de água nas raízes do que as plantas cultivadas em Luvisso

(Figura 3C); este resultado está relacionado com a capacidade de retenção de água no solo e disponibilização para as plantas haja vista que o Planossolo ora trabalhado contém 84% de areia e o Luvisso 57,8% de areia (Tabela 1).

## CONCLUSÕES

1. A adição de 4,5% de urina humana no efluente doméstico aplicado via irrigação em plantas de milho cultivadas em Luvisso crômico, proporciona resultados de massa de grãos e eficiência do uso da água semelhantes aos observados em plantas sob fertilização mineral recomendada e irrigadas com água de abastecimento.

2. Os maiores índices de produção de fitomassa de grãos viáveis, fitomassa seca da parte aérea e eficiência do uso da água foram observados em plantas cultivadas no Luvisso crômico, oriundo de Cabaceiras, PB.

3. Os maiores percentuais de água na raiz e na planta foram verificados no Planossolo e Neossolo.

## LITERATURA CITADA

- Alves, J. J. A.; Souza, E. N.; Nascimento, S. S. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. Revista Ra'e Ga - O Espaço Geográfico em Análise, v.17, p.139-152, 2009.
- Akpan-Idioka, A. U.; Udob, I. A.; Braide, E. I. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. Resources, Conservation and Recycling, v.62, p.14-20, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.02.003>
- APHA - American Public Health Association, American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). Standard methods for the examination of water and wastewater. 13.ed., Washington: APHA, 1991. p.62-65.
- Araújo, F. F.; Tiritan, C. S.; Oliveira, T. R. Compostos orgânicos semicurados na adubação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. Revista Ciência Agronômica, v.40, p.1-6, 2009.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2009. 627p.
- Feng, D.; Wub, Z.; Xu, S. Nitrification of human urine for its stabilization and nutrient recycling. Bioresource Technology, v.99, p.6299-6304, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.007>
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v.35, p.1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Geraldo, J.; Oliveira, L. D. de; Pereira, M. B.; Pimentel, C. Estádios de desenvolvimento, produção de massa seca e teores de N de folhas na floração, em cultivares de milho pérola (*Pennisetum glaucum* (L) R. Brown). Agronomia, v.36, p.7-10, 2002.
- Hargreaves, G. H.; Allen, R. G. History and evaluation of hargreaves evapotranspiration equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.129, p.53-63, 2003. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2003\)129:1\(53\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2003)129:1(53))

- Heidari, H. Foxtail Millet (*Setaria italica*) Mother plants exposure to deficit and alternate furrow irrigation and their effect on seed germination. *Annals of Biological Research*, v.3, p.2559-2564, 2012.
- Larsen, T. A.; Peters, I.; Alder, A.; Eggen, R.; Mauren, M.; Muncke, J. Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. *Environmental Science Technologies*, v.35, p.192-197, 2001. <http://dx.doi.org/10.1021/es012328d>
- Louro, C. A. de L.; Volschan Júnior, I.; Ávila, G. M. Sustentabilidade ambiental: estudo sobre o aproveitamento de nutrientes da urina humana para fins agrícolas. *Revista Sistemas & Gestão*, v.7, p.440-447, 2012. <http://dx.doi.org/10.7177/sg.2012.v7.n3.a12>
- Magalhães, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: Ferri, M.G. (ed.). *Fisiologia vegetal*. São Paulo: Universidade de São Paulo, v.1, 1979. p.331-350.
- Medeiros, S. S.; Gheyi, H. R.; Soares, F. A. L. Cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.1071-1080, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000600008>
- O'Brien, K.; Liverman, D. *Climate change and variability in Mexico*. Fortaleza: ICID, 1992. 26p.
- PAE-PB - Programa de Ação Estadual de Combate à desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Estado da Paraíba. João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, MMA/MCTI/SUDEMA, 2011. 144p.
- Perez-Marin, A. M.; Cavalcante, A. M. B.; Medeiros, S. S.; Tinoco, L. B. M.; Salcedo, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: Ocorrência natural ou antrópica? *Parcerias Estratégicas*, v.17, p.87-106, 2012.
- Rebouças, J. R. L.; Dias, N. da S.; Gonzaga, M. I. da S.; Gheyi, H. R.; Sousa Neto, O. N. de. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. *Caatinga*, v.23, p.97-102, 2010.
- Santos, R. D.; Lemos, R. C.; Santos, H. G.; Ker, J. C.; Anjos, L. H. C. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- Santos Júnior, J. A.; Barros Júnior, G. Santos, J. K. L.; Brito, E. T. F. S. Uso racional da água: Ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro. *Amby-Água*, v.8, p.263-271, 2013.
- Souza, J. A. R. de; Moreira, D. A.; Martins, I. P.; Carvalho, C. V. de M. e; Carvalho, W. B. de. Sanidade de frutos de pimentão fertirrigados com água residuária de suinocultura. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v.8, p.124-134, 2013.
- Souza, R. M. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Dias, N. da S., Soares, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. *Caatinga*, v.23, p.125-133, 2010.
- Tabosa, J. N.; Azevedo Neto, A. D.; Reis, O. V.; Farias, I.; Tavares, J. J.; Lira, M. A. Forage millet evaluation on harvest stage in the semi-arid region of Pernambuco State of Brazil. In: *Internacional Pearl Millet Workshop*. 1999, Brasília. *Anais.....Brasília: EMBRAPA*, 1999. p.208-212.
- Vadez, V.; Kholová, J.; Yadav, R. S.; Hash, C.T. Small temporal differences in water uptake among varieties of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) are critical for grain yield under terminal drought. *Plant Soil*, v.371, p.447-462, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-013-1706-0>