

II-249 - AVALIAÇÃO DO USO DA URINA HUMANA COMO FERTILIZANTE NATURAL NA PRODUÇÃO DO MILHO HÍBRIDO

Márcio Pessoa Botto⁽¹⁾

Engenheiro Civil da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Doutorando em Saneamento Ambiental na UFC.

Romero Batista Araújo

Estudante de graduação do curso de agronomia pela Universidade Federal do Ceará

André Bezerra dos Santos

Doutor em Saneamento Ambiental pela Wageningen University - Holanda. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Rua Água da Prata, 2991, Casa 05. Bairro: Edson Queiroz. CEP: 60834-414. Fortaleza, Ceará. Brasil. Telefone: +55 (85) 99951578. E-mail: marcio.botto@funasa.gov.br

RESUMO

O Saneamento ecológico é uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes em pequena escala, promovendo um melhor manejo de fertilizantes naturais viáveis para a agricultura, com vistas ao desenvolvimento econômico. A partir destes princípios, este trabalho visou avaliar o potencial do uso da urina humana como fertilizante natural por meio de sua aplicação na agricultura para produção de alimentos, estudando especificamente a cultura do milho. Para isso, foram estudados os seguintes tratamentos: irrigação com água bruta e adubação de fundação do solo (T1); irrigação com água bruta e adubação de fundação e de cobertura (T2); irrigação com água bruta e urina (T3); irrigação com água bruta e metade de urina (T4); e irrigação com água bruta e uma vez e meia de urina (T5). A partir dos resultados de produtividade, comprimento e diâmetro dos milhos cultivados, conclui-se que a aplicação da urina, seja, em 50%, 100% ou 150% da demanda do milho produziu um aumento significativo no diâmetro do sabugo quando comparado com o tratamento controle. Quanto à análise dos comprimentos dos sabugos, também foram verificadas diferenças entre o tratamento controle e os demais. A cultura do milho respondeu de forma favorável quanto ao reuso da urina aplicado como fertilizante. Verifica-se, portanto, um enorme potencial de reúso de excretas (urina) na agricultura com intuito de reduzir o consumo ou até em alguns casos substituir por completo o uso de fertilizantes comerciais.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso, Águas Amarelas, Urina, Milho Híbrido, Saneamento Ecológico, Ecosan.

INTRODUÇÃO

Segundo Narain (2004), os sistemas de esgotamento sanitário convencionais destroem totalmente o ciclo natural dos nutrientes, pois esses sistemas não favorecem o retorno dos nutrientes ao campo, sendo descartados e esquecidos nos sistemas aquáticos.

Contrário à sustentabilidade, o saneamento convencional utiliza em sua grande maioria água de boa qualidade que atende aos padrões de potabilidade – Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde - com a finalidade de transportar excrementos humanos. São mais de 5 litros, podendo chegar até 20 litros de água potável por descarga, dependendo do tipo de equipamento, que é utilizado para o transporte das excretas. Por ano um usuário do saneamento convencional consome e converte em efluente mais de 15.000 litros de água potável com a finalidade apenas de destinar 500 litros de urina e 50 litros de fezes para as estações de tratamento ou em sua maioria, diretamente para corpos d'água (ROSEMARIN, 2004; ESREY, 2000; OTTERPOHL, 2004).

De acordo com Jönsson *et al.* (2004), água que é utilizada para dar descarga de 10 milhões de pessoas corresponde a 0,15km³, que quando salva por meio da adoção de sistemas ecológicos de saneamento, pode servir de insumo para fins mais nobres, como produção de alimentos ou consumo humano.

Em consonância com os princípios da sustentabilidade econômica, social e ambiental, o ecossaneamento, sistema descentralizado de saneamento ambiental, surge com o novo conceito de aprimorar a gestão da água,

nutrientes e fluxos de energia (OTTHERPOL, 2001) a partir da valorização de excretas humanas e de tecnologias apropriadas de saneamento às particularidades locais de implantação.

Enquanto o saneamento convencional considera o meio ambiente capaz de processar infinitamente os resíduos, tendo como princípio o fluxo linear dos dejetos, contribuindo, assim para a perda e o desperdício dos nutrientes; o saneamento ecológico reduz a quantidade de resíduos liberados no meio ambiente, considera o fluxo cíclico de nutrientes, facilita a eliminação de micropoluentes e reduz o elevado gasto de energia fóssil para obtenção dos fertilizantes comerciais (HODGE e POPOVICI, 1994 apud LIND et al., 2000).

Segundo Benneto *et al.* (2009) o saneamento ecológico possui uma vantagem significativa comparada ao saneamento convencional no aspecto da minimização de prejuízos e impactos ao meio ambiente, principalmente quanto à ecotoxicidade do alumínio, zinco e cobre. Também, de acordo com o mesmo autor, o ECOSAN (sigla em inglês para ecossaneamento) é uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes em pequena escala, promovendo um melhor manejo de fertilizantes naturais viáveis para a agricultura, com vistas ao desenvolvimento econômico.

Viet anh *et al.* (2004) acrescentam ainda que esse modelo de saneamento (ecológico) não apenas reduz os impactos no meio ambiente e na saúde pública, mas também incrementa significativamente a prática do reúso de efluentes, dependendo das características locais da comunidade e do tipo de tecnologia adotada, constituindo-se, portanto, um sistema promissor, especialmente para os países em desenvolvimento.

Segundo Otterpohl (2001), o saneamento ecológico segue a idéia de separar as diferentes formas de esgotos nas suas origens, como água cinza (lavagem e banho), água amarela (urina), água negra (fezes), com o objetivo de valorizá-los. Não é, realmente, uma idéia nova. O uso do esgoto e do lixo orgânico tem suas raízes na história de todas as culturas primitivas do mundo. O que é novo, efetivamente, é a reintegração desta idéia na cultura moderna, utilizando técnicas avançadas e racionais de gerenciamento e reutilização de excretas, sanitários secos, aplicação de análise de risco.

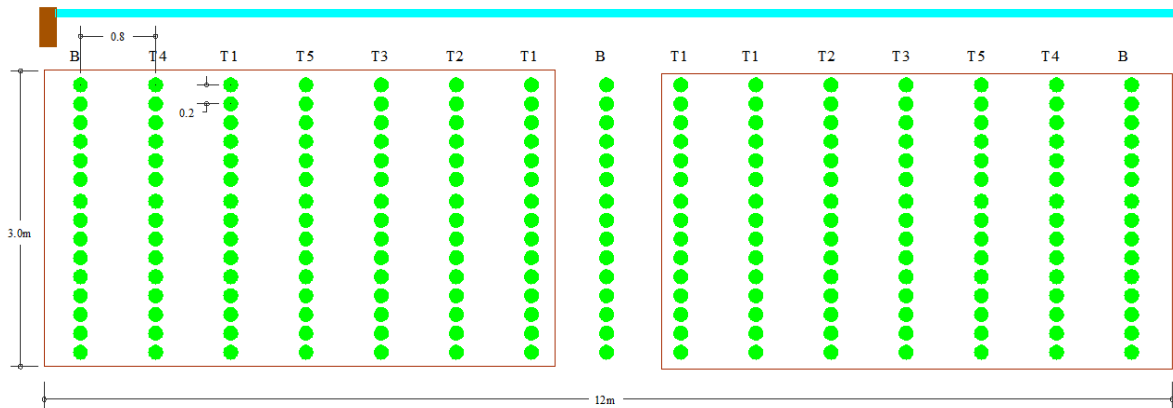
Conforme Vinnerås & Jönsson (2002) se a urina e as fezes fossem coletadas de forma separada, cerca de 91%, 83% e 59% de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, poderiam ser recuperados e reutilizados como um recurso e não como poluentes ao meio ambiente. Em termos absolutos, todo dia, uma pessoa excreta na ordem de 30 g de carbono (90 g de matéria orgânica), 10-12 g de nitrogênio, 2 g de fósforo e 3 g de potássio (STRAUSS, 2000).

Segundo Vinneras et al. (2004), a urina humana é um potencial recurso a ser utilizado como fertilizante natural por conter concentrações significativas de nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), complementando ou até mesmo substituindo os fertilizantes comerciais. A urina contém aproximadamente 80% do total de nitrogênio encontrado na excreta humana, e cerca de 2/3 do fósforo e do potássio excretados. As quantidades acima podem sugerir que a excreta humana contém poucos nutrientes, porém analisando os dados em escala anual, uma pessoa urina 4,5 kg de nitrogênio, mais de 0,5 kg de fósforo e 1,2 kg de potássio.

Baseando-se nos princípios do ecossaneamento, o presente trabalho visa avaliar o reúso da urina humana como fertilizante natural por meio de sua aplicação na agricultura para produção de alimentos, tendo sido estudada a cultura do milho híbrido.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de plantio, de 36,00 m², (3 m x 12 m) foi subdividida em dois blocos medindo 18 m² (3m x 6m), com espaçamento entre plantas de 0,20m e espaçamento entre linhas de 0,80m. Foram reservadas ainda as linhas laterais e uma linha central separando os blocos. Cada bloco continha 6 linhas de plantio com 15 plantas, onde os tratamentos eram aplicados em um total de 225 plantas na área de plantio. Os tratamentos aplicados constavam de duas repetições, os quais são a seguir descritos: irrigação com água bruta e adubação de fundação do solo (T1); irrigação com água bruta e adubação de fundação e de cobertura (T2); irrigação com água bruta e urina (T3); irrigação com água bruta e metade de urina (T4); e irrigação com água bruta e uma vez e meia de urina (T5), como verificado a figura 1. Além desses cinco tratamentos, foram inseridas mais duas linhas repetindo o T1, irrigação com água bruta e adubação de fundação do solo.



T1: irrigação com água e adubação de fundação do solo (Tratamento Controle)

T2: irrigação com água bruta e adubação de fundação e de cobertura (NPKS)

T3: irrigação com água bruta e urina

T4: irrigação com água bruta e 0,5 de urina

T5: irrigação com água bruta e 1,5 de urina

B: Planta de borda

Figura 1: Distribuição esquemática dos tratamentos utilizados na pesquisa com milho. Aquiraz, CE, 2010.

Sistema de irrigação

A área cultivada com milho foi irrigada por gotejamento, sistema selecionado por ser um dos mais utilizados pelos agricultores rurais. Os gotejadores tinham uma vazão de 2,2L/h, o tempo real de irrigação por turno de rega de um dia, era de aproximadamente 1 hora, definido a partir do estudo de evaporação, tendo como base de dados o tanque classe A instalado no local. As linhas laterais e secundárias foram constituídas de tubos de polietileno com diâmetro de 16mm e a linha principal executada em PVC, 50mm de diâmetro. No início da linha principal foi instalado um cavalete com micromedição e registro de gaveta para controle do fluxo de água, conforme figuras 2 e 3.



Figuras 2 e 3: Área do plantio da milho e detalhe do cavalete instalado na linha principal

Cálculo da demanda de urina e aplicação

Um mictório e um sanitário com separação de excretas foram instalados, respectivamente, nos banheiros masculinos e femininos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, como mostra a figura 4. Os professores e estudantes do Centro de Tecnologia da UFC foram convidados a contribuir com a pesquisa urinando nestes coletores.



Figura 4: conjunto de imagens do mictório e sanitário separador de excretas instalados nos banheiros masculino e feminino do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) – UFC.

Após o enchimento dos coletores, a urina era então transferida para recipientes do tipo bombona com capacidade para 20L e armazenada por um período superior a 30 dias, antes da sua aplicação em campo. Optou-se por bombonas de cor escura (azul escuro) pra impedir a entrada de luz e com isso a ocorrência de reações indesejadas.

Foram analisados os seguintes parâmetros: 1) Físico-químicos: cor, turbidez, temperatura, condutividade, pH, amônia, nitrato, nitrito, NTK, fósforo, ortofosfato, DQO, cloreto, potássio e metais pesados (cromo, cobre, manganês, cobalto, cádmio, chumbo e zinco); 2) Microbiológicos: coliformes termotolerantes e grupos de bactérias específicas.

Com exceção da determinação de nitrato, todas as análises foram realizadas seguindo rigorosamente as metodologias de cada parâmetro especificadas no “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA, 2005), apresentadas na Tabela 1. Para a análise de nitrato, foi utilizado o método de salicilato de sódio por espectrofotometria normatizado pela *Association Française de Normalisation*.

Com a caracterização físico-química da urina foi possível calcular o volume de urina a ser aplicado por linha segundo a demanda de nutrientes do milho. Foi adotada uma demanda de nitrogênio de 4,4g/mL, ou 200kg/ha e considerada ainda uma volatilização de 30% do nitrogênio na forma amoniacal durante a fertilização, o volume de nitrogênio determinado foi de aproximadamente 4,0L/mL, ou ainda, 12L para linha do tratamento 3.

A aplicação da urina foi realizada despejando o líquido uniformemente sobre uma linha no solo distante 3 cm da linha das plantas. A urina era lançada a uma altura de aproximadamente 5 a 10 cm para minimizar a perda de amônia para o ar. O volume foi dividido em duas aplicações, a primeira no dia 05 de janeiro e a segunda no dia 01 de fevereiro de 2010. Essa divisão foi decidida a partir do resultado insatisfatório obtido com apenas uma aplicação no cultivo da mamona, em que houve morte de algumas plantas após dois dias da fertilização com urina.

Cultivo

A semeadura foi realizada em 19 de novembro de 2009 e o experimento conduzido até fevereiro de 2010. Testou-se a cultivar milho híbrido produzido na fazenda de pesquisa da Universidade Federal do Ceará em Pentecoste.. As linhas foram abertas com profundidade média de 15 cm, adicionados o adubo orgânico e o mineral de acordo com a demanda do milho, cobertos com 5 a 10 cm de solo e, logo então, distribuídas 30 sementes em cada linha. Procedeu-se um desbaste depois de 15 dias da germinação, a qual ocorreu no dia 04 de dezembro. A colheita foi realizada após três meses à germinação.

Os sabugos de milho foram colhidos e separados por tratamentos e blocos, e depois encaminhados ao laboratório de saneamento (LABOSAN) da UFC para pesagem e medição do comprimento e diâmetro. O comprimento foi medido por meio de trena, e o diâmetro, paquímetro digital. Foram determinados tanto, os diâmetros da menor e da maior seção do sabugo, bem como do meio do mesmo.

Os resultados de produtividade e das características do milho foram avaliados estatisticamente através de uma análise de variância e testes *post-hoc* de Bonferroni utilizando a ferramenta computacional *BioEstat 4.0*.

RESULTADOS

Análise da produtividade

Observa-se na figura 4, que o tratamento T5, irrigação com água bruta e 1,5 de urina, proporcionou a melhor produtividade média do milho, alcançando 10.006,0 kg/ha. As produtividades médias, em ordem crescente, foram: T1, 3.751,4 kg/ha; T2, 6.546,3 kg/ha; T4, 7.320,8 kg/ha; T3, 9.607,6 kg/ha; e T5, 10.006,0 kg/ha. Como era de se esperar o tratamento T1, ou seja, o tratamento controle alcançou a menor produtividade média entre os demais.

Analisando apenas os valores médios, observa-se que quanto maior o volume de urina aplicada nesta pesquisa, maior foi a produtividade do milho híbrido. Ao aplicar a fertilização química de cobertura, o incremento na produção foi de aproximadamente 1,8 vezes. Fertilizando com $\frac{1}{2}$ do volume de urina demandada, T4, esse incremento passou para 2,0 vezes. A aplicação da urina segundo a demanda nutricional do milho refletiu um aumento de 2,56 vezes comparado à aplicação da adubação de fertilização, T1. Finalmente, com 1,5 de urina aplicada, o aumento produtivo foi de 2,67 vezes.

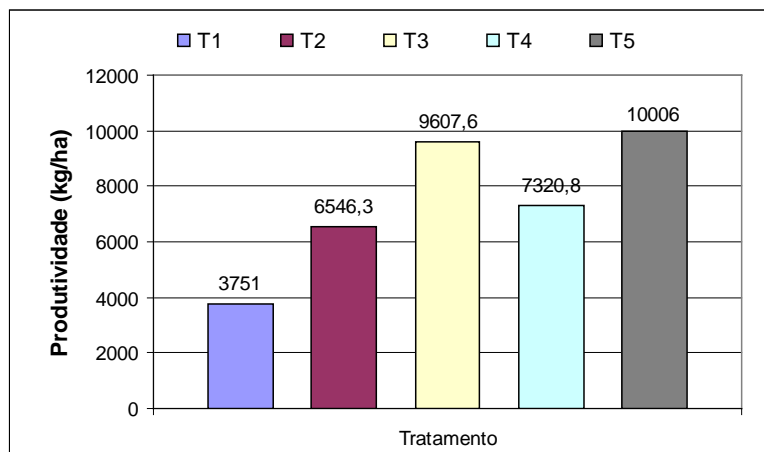


Figura 4: Produtividade média dos tratamentos T1, irrigação com água e adubação de fundação do solo; T2, irrigação com água bruta e adubação de fundação e de cobertura (NPKS); T3, irrigação com água bruta adubação de fundação e urina; T4, irrigação com água bruta, adubação de fundação e 0,5 de urina e T5, irrigação com água bruta, adubação de fundação e 1,5 de urina, no plantio do milho. Aquiraz. 2010.

Essas diferenças de produtividade são bastante significativas. A tabela 1 apresenta os “outputs” do teste estatístico de análise de variância dos pesos dos milhos por tratamento, realizado pelo programa *BioEstat 4.0*.

Tabela 1: Outputs do teste de análise de variância dos pesos dos milhos entre os tratamentos, T1, T2, T3, T4 e T5.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	4	15,8 e+04	39,5 e+03
Erro	127	57,0 e+04	44,9 e+02
F =	8,7992		
(p) =	< 0.0001		
Média (T1) =	60,0227		
Média (T2) =	104,7407		
Média (T3) =	153,7222		
Média (T4) =	117,1333		
Média (T5) =	160,0962		
Bonferroni:	Diferença	B	(p)
Médias (1 e 2) =	44,718	31,6593	< 0.05
Médias (1 e 3) =	93,6995	31,6593	< 0.05
Médias (1 e 4) =	57,1106	30,9404	< 0.05
Médias (1 e 5) =	100,0734	31,9315	< 0.05
Médias (2 e 3) =	48,9815	30,0006	< 0.05
Médias (2 e 4) =	12,3926	29,2409	ns
Médias (2 e 5) =	55,3554	30,2877	< 0.05
Médias (3 e 4) =	36,5889	29,2409	< 0.05
Médias (3 e 5) =	6,3739	30,2877	ns
Médias (4 e 5) =	42,9628	29,5354	< 0.05

Tabela 2: Resultados da estatística descritiva e do teste *Post-hoc* de Bonferroni para os pesos do milho

Tratamento	T1	T2	T3	T4	T5
	peso (g)				
Média	60,02 (a)	104,74 (b)	153,72 (c)	117,13 (b)	160,09 (c)
Variância	1929,39	6577,64	5015,68	3402,05	5185,86
Desvio-Padrão	43,92	81,10	70,82	58,33	72,01
Mínimo	19,5	17,5	40,5	35	34,5
Máximo	185	364,5	340	286	327,5

Em cada série de média, os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bonferroni, a 5% de probabilidade.

Verifica-se a partir das tabelas 1 e 2, que a um nível de confiança de 95%, houve diferença significativa na produtividade de milho entre os tratamentos. Comparando T1 com T2, T3, T4 e T5, a produtividade do milho fertilizado com apenas adubação de fundação difere dos demais tratamentos. Comparando os tratamentos entre si, apenas as produtividades médias de T2 e T4, e T3 e T5 não diferem entre si ($p > 0,05$). Portanto, não há diferença estatística em aplicar 50% a mais da urina. Esse excesso em 50% não aumentou significativamente a produtividade do milho em kg/ha.

Conforme a tabela 2, embora o milho de maior peso (364,5g) ter sido originado do tratamento T2 (NPKS), a aplicação de urina, ou seja, os tratamentos T3, T4 e T5 desenvolveram maiores produtividades médias. O menor milho em termos de peso originou-se também desse mesmo tratamento (T2). Acredita-se que uma praga desenvolvida em quatro plantas desse tratamento seja a possível explicação para tal fato, reduzindo, assim, sua produtividade. Após a verificação da praga conhecida como lagarta de cartucho, foi aplicado de imediato o defensivo agrícola Lannate® BR, com ingrediente ativo ((S-metil-N-(metilcarbamoil) - oxo)-tioacetimidato) (METHOMYL), porém as plantas não conseguiram se recuperar até o final do plantio.

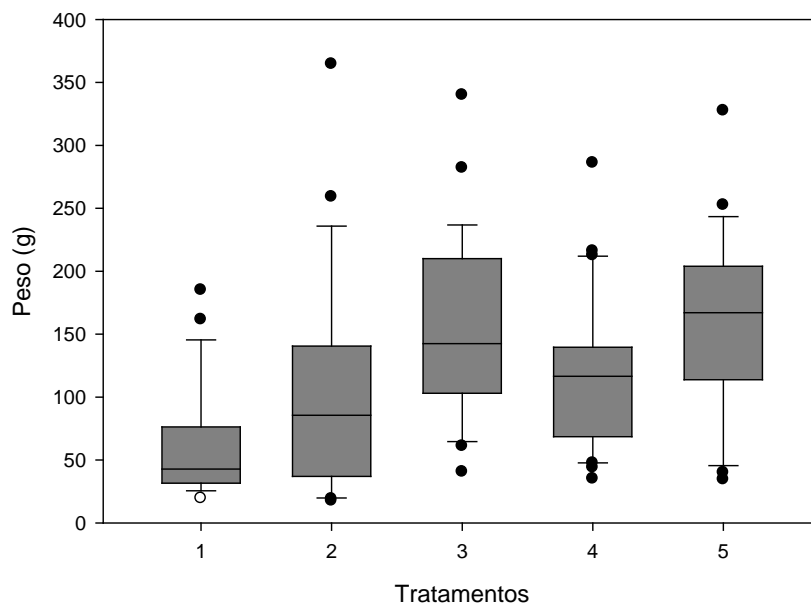


Figura 5: Distribuição e variância dos pesos dos milhos para os diversos tratamentos, T1, T2, T3, T4, e T5.

Analisando os dados do gráfico box-plot (figura 5), observam-se vários “outliers”, pelo menos três em cada tratamento. Esses dados foram excluídos da matriz estatística, e realizado um novo teste de análise de variância. O resultado final manteve-se igual ao anterior, não houve diferença estatística na produtividade do milho com significância de 5% entre T2 e T4, e T3 e T5. A menor dispersão dos dados é, ainda, verificada no tratamento 1, enquanto as maiores são oriundas dos tratamentos 2 e 3.

Outros parâmetros analisados foram, ainda, o diâmetro e o comprimento do sabugo do milho. Aplicando, novamente, análises de variância nos dados supracitados, houve diferença significativa dos diâmetros medianos dos milhos ($p < 0,05$) entre os tratamentos T1 e T2; T1 e T3; T1 e T4; T1 e T5 e T2 e T3. Entre os demais tratamentos não ocorreu diferença expressiva ($p > 0,05$). Portanto, a aplicação da urina, seja, em 50%, 100% ou 150% da demanda do milho produziu um aumento significativo no diâmetro do sabugo quando comparado com o tratamento controle, conforme apresentado na tabela 3. Quanto à análise dos comprimentos dos sabugos, também foram verificadas diferenças entre o tratamento controle e os demais.

Segundo a tabela 4, não existe diferença significativa dos comprimentos médios dos milhos entre os tratamentos 2 e 3, 3 e 4, 3 e 5 e 4 e 5. Por meio da estatística descritiva, tabela 5, verificou-se que o menor milho, em termos de comprimento, originou-se do tratamento 5, 150% de urina. Mais uma vez, poder-se-ia concluir que o excesso de urina aplicado estaria prejudicando o crescimento do sabugo, contudo, esse mesmo tratamento proporcionou a maior média de comprimento (16,04cm), e a análise estatística também corroborou para a hipótese da não diferença entre o NPKS e a urina (95% de confiança), como segue abaixo. Contudo, ressalta-se ainda uma baixa na produtividade do tratamento com NPKS devido à praga desenvolvida, prejudicando o crescimento de alguns sabugos deste tratamento.

Dessa forma, analisando as tabelas 4, 5 e 6, pode-se concluir que a utilização de urina como fertilizante natural não difere da aplicação de fertilizante comercial (NPKS) quanto ao crescimento do milho, uma vez que tanto os diâmetros médios quanto os comprimentos médios dos sabugos de milho do tratamento 2, fertilização com NPKS, possuem resultados semelhantes, estatisticamente, aos tratamentos com aplicação de urina.

Tabela 3: Outputs do teste de análise de variância dos diâmetros dos milhos entre os tratamentos, T1, T2, T3, T4 e T5.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	4	11,5 e+02	286,676
Erro	117	76,7 e+02	65,528
F =	4,3749		
(p) =	0,0028		
Média (T1) =	33,3094		
Média (T2) =	39,2659		
Média (T3) =	43,1956		
Média (T4) =	41,1043		
Média (T5) =	41,6415		
Bonferroni:	Diferença	B	(p)
Médias (1 e 2) =	5,9565	4,3357	< 0.05
Médias (1 e 3) =	9,8861	4,1571	< 0.05
Médias (1 e 4) =	7,7949	4,076	< 0.05
Médias (1 e 5) =	8,3321	4,1878	< 0.05
Médias (2 e 3) =	3,9296	3,8563	< 0.05
Médias (2 e 4) =	1,8384	3,7687	ns
Médias (2 e 5) =	2,3756	3,8895	ns
Médias (3 e 4) =	2,0912	3,5617	ns
Médias (3 e 5) =	1,554	3,6892	ns
Médias (4 e 5) =	0,5372	3,5976	ns

Tabela 4: Outputs do teste de análise de variância dos comprimentos dos milhos entre os tratamentos, T1, T2, T3, T4 e T5.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	4	210,178	52,544
Erro	144	17,4 e+02	12,105
F =	4,3406		
(p) =	0,0028		
Média (T1) =	12,5926		
Média (T2) =	14,4828		
Média (T3) =	15,8235		
Média (T4) =	14,8788		
Média (T5) =	16,0385		
Bonferroni:	Diferença	B	(p)
Médias (1 e 2) =	1,8902	1,5306	< 0.05
Médias (1 e 3) =	3,2309	1,4754	< 0.05
Médias (1 e 4) =	2,2862	1,4852	< 0.05
Médias (1 e 5) =	3,4459	1,5726	< 0.05
Médias (2 e 3) =	1,3408	1,4467	ns
Médias (2 e 4) =	0,396	1,4568	ns
Médias (2 e 5) =	1,5557	1,5458	< 0.05
Médias (3 e 4) =	0,9447	1,3986	ns
Médias (3 e 5) =	0,2149	1,4911	ns
Médias (4 e 5) =	1,1597	1,5009	ns

Tabela 5: Resultados da estatística descritiva para os comprimentos do milho.

Tratamento	T1	T2	T3	T4	T5
	Comprimento (cm)				
Média	12,59	14,48	15,82	14,88	16,04
Variância	10,02	10,04	12,15	13,73	14,44
Desvio-Padrão	3,17	3,17	3,49	3,71	3,80
Mínimo	9	10	10	8	7
Máximo	22	23	24	23	22

Altura da planta

As plantas apresentaram alturas médias similares, 66,16cm; 66,46cm; 64,79cm; 63,03cm, e desvios-padrões elevados, 22,58; 26,83; 26,90; 25,17; 30,55, respectivamente para T1, T2, T3, T4 e T5. O tratamento com 50% de urina superior à demanda, T5, proporcionou a menor altura média. O aumento no volume de urina poderia ter causado prejuízos ao crescimento da planta, contudo aplicando testes estatísticos, verifica-se que esse valor inferior deve-se ao acaso, visto que não existem diferenças de altura entre os tratamentos ($p > 0,05$) ao adotar 95% de confiança.

Com os dados de altura da planta, foi possível avaliar a correlação entre o peso do milho e a planta. Analisando a figura 6, correspondente à análise de regressão entre o peso médio do milho e a altura da planta das linhas secundárias, não foi encontrada correlação expressiva entre essas variáveis ($R^2 = 0,075$). Enquanto o peso médio do milho relativo ao tratamento T5 foi o maior dentre os demais (160,09g), a altura média das plantas desse tratamento foi a menor, apenas 63,03cm.

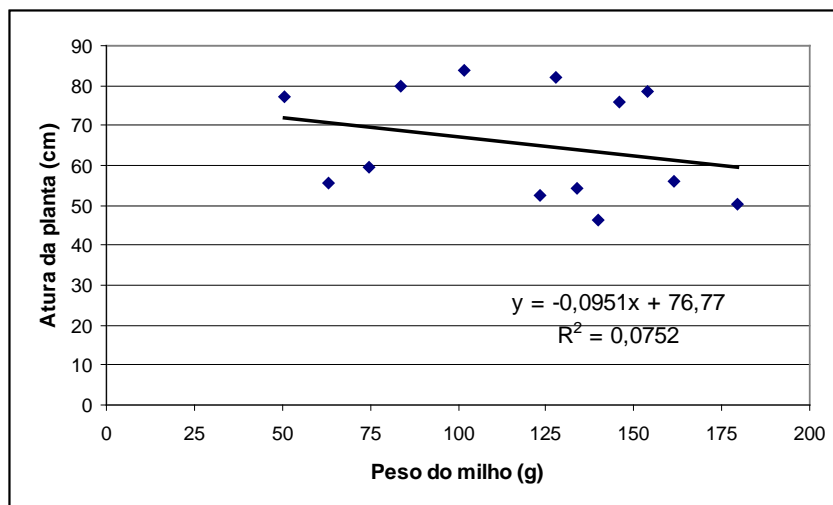


Figura 6: Análise de regressão entre o peso médio do milho e a altura da planta.

Verifica-se ainda, segundo a figura 6, um coeficiente negativo, indicando que quanto menor a altura da planta, maior o peso do milho. Porém, conforme já mencionado, esse resultado da análise não deve ser considerada, pois a correlação linear das variáveis foi desprezível, de apenas 7%.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Ocorreu diferença significativa na produtividade de milho entre os tratamentos pesquisados. Contudo, o excesso em 50% do volume de urina aplicado não aumentou significativamente a produtividade do milho em kg/ha.

A aplicação da urina, seja, em 50%, 100% ou 150% da demanda do milho, produziu um aumento significativo no diâmetro do sabugo quando comparado com o tratamento controle. Quanto à análise dos comprimentos dos sabugos, também foram verificadas diferenças entre o tratamento controle e os demais.

A cultura do milho respondeu de forma favorável quanto ao reúso da urina aplicado como biofertilizante. Verifica-se, portanto, um enorme potencial de reúso de excretas (urina) na agricultura com intuito de reduzir consumo ou até em alguns casos substituir o uso de fertilizantes comerciais, que geram grande impacto ambiental e representam um custo ao pequeno agricultor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Saneamento (Labosan), ao CNPq (Projeto 560014/2008-0) e à CAGECE pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA (2005), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA, WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington DC: APHA. 2005.
2. BENETTO, E.; NGUYEN, D.; LOHMANN, T.; SCHMITT, B., SCHOSSELER, P. Life cycle assessment of ecological sanitation system for small-scale wastewater treatment. *Science of the total environment*. 407. 2009. 1506-1515.
3. ESREY, Steven A.: Towards a recycling society, ecological sanitation - closing the loop to food security, , Proceedings of the International Symposium “ecosan -closing the loop in wastewater management and sanitation”, 2000.
4. JONSSON, H., RICHERT STINTZING, A., VINNERAS, B. AND SALOMON, E. Guidelines on the use of urine and faeces in crop production, EcoSanRes Publications Series, Report 2004-2, Sweden, 2004. Disponível em: www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf.
5. LIND, B; BAN, Z.; BYDÉN, S. Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. *Ecological Engineering*, Sweden, v.16, n.4, p.562-566, 2000.
6. NARAIN, S. Why the flush toilet is ecologically mindless and why we need a paradigm shift in sewage technology. 2nd international symposium on ecological sanitation - GTZ, Eschborn, 2004. Disponível em: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5004a.pdf#page=121>. Acessado em: 10 de janeiro de 2011.
7. OTTERPOHL, R. Current technical options for ecological sanitation. 2nd international symposium on ecological sanitation, Eschborn - GTZ, 2004. Disponível em: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5004a.pdf#page=121>. Acessado em: 10 de janeiro de 2011.
8. OTTERPOHL, R.: Black, Brown, yellow, grey – the new colours of sanitation, *Water* 21, Vol.5, 2001.
9. ROSEMARIN, A. Putting ecosan on the global agenda - results from the 3rd World Water Forum, Kyoto, March 16-23, 2003. 2nd international symposium on ecological sanitation - GTZ, Eschborn, 2004. Disponível em: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5004a.pdf#page=121>. Acessado em: 10 de janeiro de 2011.
10. Strauss, M.; BLUMENTHAL, U.J. Human Wastes: Use in Agriculture and Aquaculture. IRCWD, May. IRCWD Repott No. 09/90. Disponível em: http://www.eawag.ch/index_EN.
11. VIET ANH, N.; DUC HA, T.; HIEU NHUE, T.; HEINSS, U.; MOREL, A.; MOURA, M.; SCHERTENLEIB, R. Decentralised wastewater treatment – new concepts and technologies for Vietnamese conditions. 2nd international symposium on ecological sanitation - GTZ, Eschborn, 2004. Disponível em: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5004a.pdf#page=121>. Acessado em: 10 de janeiro de 2011.
12. VINNERÅS, B., JÖNSSON, H.,. The performance and potencial of faecal separation and urine diversion to recycle plant nutrients in household wastewater.. *Bioresource Technology* 84, (2002), 275–282.
13. VINNERÅS, B.; JÖNSSON, H.; SALOMON, E.; STINTZING, AR. (2004) Tentative guidelines for agricultural use of urine and faeces. In: Werner C, Avendan˜o V, Demsat S, Eicher I, Hernandez L, Jung C, Kraus S, Lacayo I, Neupane K, Rabiega A, Wafler M, editors. Ecosan—closing the loop—Proceedings of the 2nd International Symposium on ecological sanitation, 07–11 April 2003, Luˆbeck, Germany; 2004. p. 101–8.